



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Título del Proyecto

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA INSTALAR EN CUBIERTAS

MEMORIA

AUTOR: Carlos Lalaguna Cerdán

DIRECTOR: José Luis Santolaya Sáenz

ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

CONVOCATORIA: Septiembre 2012

ÍNDICE

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA	3
1.1.- OBJETO DEL PROYECTO.....	3
1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DISEÑADO	3
1.3.- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO	4
1.4.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN	4
1.5.- FIRMA Y FECHA. BIBLIOGRAFÍA	5
2.- SEGUIDORES SOLARES	7
2.1.- LA ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA	7
2.1.1.- SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR.....	7
2.1.2.- TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL SOL	10
2.1.3.- INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS	15
2.1.4.- EMPLAZAMIENTOS	17
2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SEGUIDORES SOLARES.....	17
2.2.1.- VENTAJAS QUE OFRECEN LOS SEGUIDORES FRENTE A LOS SISTEMAS FIJO	18
2.2.2.- TIPOS DE SEGUIDORES	19
2.2.3.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN.....	22
2.2.4.- RELACIÓN ENTRE TIPOS DE SEGUIDORES Y EMPLAZAMIENTO	22
2.3.- ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO. ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO Y CONTROL	23
3.- DISEÑO DEL CONJUNTO	26
3.1.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	26
3.1.1.- REQUISITOS A TENER EN CUENTA	26
3.1.2.- ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA A DISTINTOS ÁNGULOS Y CON DISTINTAS DIRECCIONES DEL VIENTO	30
3.1.3.- DIMENSIONADO DEL PORTAPLACAS	39
3.1.4.- ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA A DISTINTOS ÁNGULOS Y CON DISTINTAS DIRECCIONES DEL VIENTO	45
3.1.5.- DIMENSIONADO DEL EJE DEL EMPUJADOR.....	53
3.1.6.- DIMENSIONADO DEL EMPUJADOR	55

3.1.7.- DIMENSIONADO DE LAS PATAS	59
3.1.8.- DIMENSIONADO DEL APOYO FIJO	62
3.1.9.- DIMENSIONADO DEL APOYO MÓVIL.....	68
3.1.10.- DIMENSIONADO DEL HUSILLO, TUERCA, RODAMIENTOS Y MOTOR.....	73
3.1.11.- DIMENSIONADO DEL SOPORTE DEL GRUPO MOTOR	82
3.1.12.- DIMENSIONADO DE LAS GUÍAS	83
3.1.13.- DIMENSIONADO DE LAS RUEDAS	85
3.2.- DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO	88
3.2.1.- FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO.....	88
3.2.2.- PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	93
3.3.- ESTUDIO DE MERCADO	94
4.- PROCESO PRODUCTIVO	95
4.1.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN. ÁREAS PRINCIPALES.....	95
4.2.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	95
4.3.- FLUJO DE MATERIALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	97
4.4.- FLEXIBILIDAD Y CAPACIDAD PRODUCTIVA.....	107
5.- ANEXOS	109
5.1.- MANUAL DE INSTRUCCIONES	109
5.1.1.- ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE	109
5.1.2.- MONTAJE Y UTILIZACIÓN	110
5.1.3.- MANTENIMIENTO REQUERIDO	115
5.1.4.- RECOMENDACIONES.....	115
5.2.- DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD Y MARCADO CE.....	116
5.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS	118
5.3.1.- SIERRA DE CINTA SEMIAUTOMÁTICA HB 280 B	118
5.3.2.- TORNO DE CICLOS CNC PROTON 560/1500	119
5.3.3.- FRESADORA ECO CENTER350 GP.....	120
5.3.4.- TALADRO DE COLUMNA MD40H.....	121
5.3. 5.SOLDADORA DE ARCO MOS215.....	122

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1.- OBJETO DEL PROYECTO

En este proyecto se ha realizado el diseño de un seguidor solar adecuado para ser instalado en cubiertas y se ha analizado la viabilidad técnica y económica de su fabricación en serie. Con ello se persigue comercializar un producto con una elevada función práctica, ya que mejora el aprovechamiento energético de placas fotovoltaicas, a la vez que obtener un beneficio industrial, manteniendo la ocupación de una instalación productiva.

1.2.- CARACTERÍSTICAS DEL CONJUNTO DISEÑADO

El seguidor solar diseñado se compone de una estructura ligera que soporta varias placas fotovoltaicas y de un mecanismo articulado que permite orientar las placas de acuerdo al movimiento estacional del sol. De esta forma, se logra que los rayos del sol incidan lo más perpendicularmente posible y mejorar el rendimiento energético.

El accionamiento del mecanismo se realiza a través de un motor que a su vez utiliza la energía eléctrica generada por la placa, constituyendo un sistema autónomo. Puesto que se va a instalar en cubiertas, se ha planteado un diseño ligero, en el que además se pueden montar placas fotovoltaicas DSSC (Dye-Sensitized Solar Cell). Este tipo de placas pueden ser, en un futuro no muy lejano, más utilizadas que las de Silicio.

Un módulo básico del seguidor está formado por 8 placas fotovoltaicas distribuidas en 4 filas (con dos placas en cada una), pero se puede adaptar a las dimensiones de la cubierta en la que va a ser instalado.

1.3.- CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de fabricación se ha planteado siguiendo como líneas básicas:

- La elección de los materiales y procesos más adecuados que eviten, entre otros aspectos, operaciones redundantes y rectificaciones.
- El empleo de técnicas, herramientas y máquinas existentes en el mercado, fiables y que garantizan unos resultados óptimos.
- La reducción de operaciones manuales poco eficaces.
- Una producción flexible estructurada en varias células de fabricación, capaz de hacer grandes series o fabricar de acuerdo a las necesidades del cliente.

Con este proceso, se fabrican como máximo 2223 seguidores solares al año, con una producción media de 9 conjuntos diarios.

1.4.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN

Los costes de fabricación de un seguidor son los siguientes:

Coste de materias primas = 756,8 €

Coste de elementos comerciales = 254,72 €

Coste de mano de obra = 216,58 €

Amortización de máquinas y equipos = 2,46 €

Coste producción = 9,46 €

Gastos fijos = 61.24 €

Teniendo en cuenta todos estos costes, el coste total de fabricación de cada seguidor es de **1301'28 €**.

El beneficio que se quiere destinar para la empresa es del 5% del precio de coste de cada seguidor. Si además se considera un IVA del 18%, el precio estimado de venta es de **1612'29 €**.

1.5.- FECHA Y FIRMA

Fecha: 3 de Septiembre de 2012

Autor: Carlos Lalaguna Cerdán

1.6.- BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINAS de A. Serrano Nicolás.
Universidad de Zaragoza
- DIBUJO TÉCNICO de Basilio Ramos Barbero y Esteban García Maté. 2ª
edición. AENORediciones

Direcciones consultadas en la web:

www.construinfo.com

www.acesco.com

www.alu-stock.es

www.directindustry.es

www.codigotecnico.org

www.waltermartinezsa.es

www.fixnvis.com

www.worldofcnc.com

www.tecnopower.es

www.qtcgears.com

www.sanmetal.es

www.solar-mems.com

www.elmegmotor.es

es.wikipedia.org/

www.idae.es

www.tutiendasolar.es

www.creamoselfuturo.com

2.- SEGUIDORES SOLARES

2.1.- LA ENERGÍA SOLAR COMO FUENTE DE ENERGÍA

2.1.1.- SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR

Cada vez cobran más importancia en todo el mundo las energías renovables tal como la energía eólica, bio-combustibles, solar... debido a diversos factores como el calentamiento global, agotamiento de los recursos energéticos no renovables, aumento progresivo de la demanda de energía, existencia de lugares en los que no existe un suministro eléctrico por diferentes causas... Como ejemplo de ello, se puede comentar que según informes de Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar la energía eléctrica necesaria para dos tercios de la población mundial en 2030.

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación que llega a la Tierra depende de diversos factores como el día del año, el momento del día, la latitud o las condiciones atmosféricas.

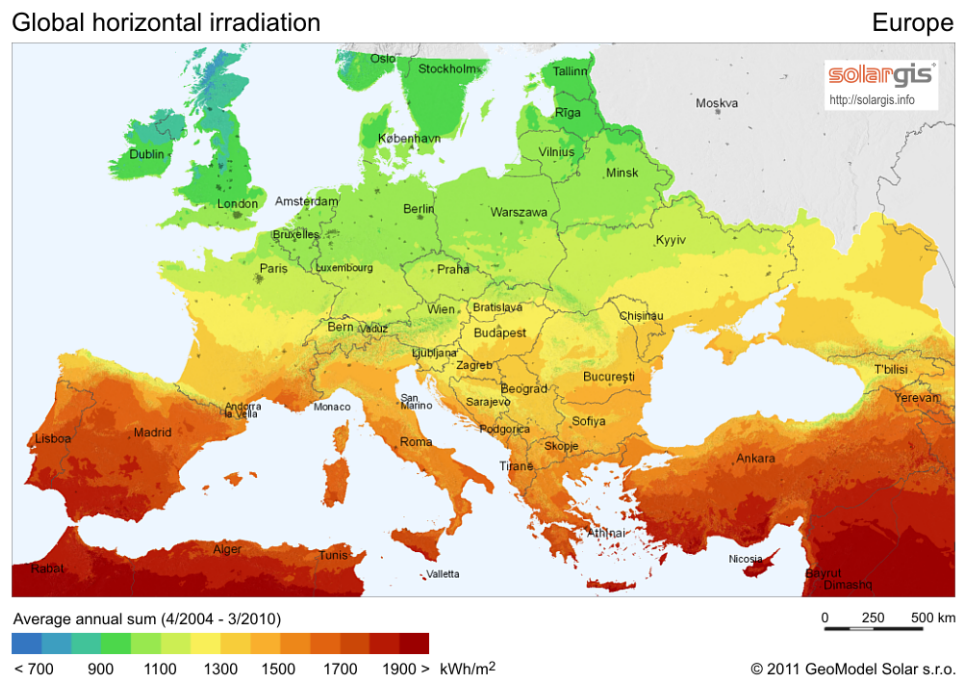
El Sol es una fuente de energía limpia y renovable, y que posee gran potencia. Podemos obtenerla a través de los paneles fotovoltaicos que transforman esas radiaciones en electricidad, o con los colectores solares que nos permiten calentar el agua. La inversión para adquirir este tipo de dispositivos es elevada, aunque acaba amortizándose en unos diez años, además de que existen subvenciones.

En los últimos años, en el mundo ha habido muchos cambios regulatorios en cuanto a la energía solar, pero tras estos cambios la tendencia se está caracterizando en 2012 por una gran ralentización de la producción de módulos, células y obleas debido al exceso de oferta y a la incertidumbre sobre la futura demanda de los principales mercados mundiales.

Esta ralentización de la producción está siendo provocada por los propios fabricantes para mantenerse temporalmente a la espera de que el mercado vuelva a su equilibrio.

Se tiene previsto que en el segundo semestre de 2012 la capacidad de producción de módulos fotovoltaicos solamente se incremente en un 6%, a pesar de que en el mismo periodo de 2011 fue de cinco veces superior. Este incremento se producirá a causa de la entrada de nuevos fabricantes y no por que los proveedores ya existentes amplíen sus capacidades.

España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol, a lo que se unen los compromisos europeos y mundiales en instalación de energías renovables así como la conveniencia estratégica de disminuir la gran dependencia energética exterior y aumentar la autonomía energética. En concreto, las horas del sol aumentan cuanto más al sur de España estemos hablando.



Así pues, España es el cuarto país del mundo en tecnologías de energía solar de las que exporta un 80% a Alemania. Como dato, decir que en marzo de 2012 la potencia fotovoltaica total conectada a la red en España es de 4243 MW con un total de 57718 instalaciones fotovoltaicas. Como ejemplos de grandes instalaciones fotovoltaicas en España se pueden nombrar:

NOMBRE	POTENCIA PICO (MW)	GW·h/año
Parque fotovoltaico Olmedilla de Alarcón (Cuenca)	60	85
Parque Fotovoltaico Abertura Solar (Cáceres)	23'1	47
Planta Solar Fuente Álamo (Murcia)	26	44
Parque Solar Hoya de Los Vincentes, Jumilla (Murcia)	23	41
Parque Solar Calaverón (Albacete)	21'2	40
Parque Solar El Coronil (Sevilla)	21'47	40
Parque Fotovoltaico Beneixama (Alicante)	20	30
Parque Solar Guadarranque (Cádiz)	13'6	20

Si en concreto se habla de Aragón, cabe destacar algunos ejemplos de grandes instalaciones como por ejemplo:

- La planta solar fotovoltaica instalada sobre tejado en la fábrica de General Motors de Figueruelas (Zaragoza) es la más grande del mundo sobre cubiertas y tiene una capacidad de 10 MW.



- La planta localizada en la localidad zaragozana de Zuera, la cual tiene una capacidad de 9'94 MW.
- El parque solar fotovoltaico Enerland en Vinaceite (Teruel) de 8 MW.
- El parque solar fotovoltaico Santamaría en Sádaba (Zaragoza) de 4'5 MW.

2.1.2.- TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA DEL SOL

En general, las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento de la energía solar se pueden separar en varios grupos. Una separación que se puede hacer es según el aporte de energía que se necesite en la instalación:

- **Energía solar activa:** es un término referido a aquellas tecnologías utilizadas para transformar la energía solar en calor utilizable, para producir corrientes de aire para ventilación o refrigeración o para almacenar el calor para uso futuro, todo ello por medio de equipamientos mecánicos o eléctricos tales como bombas y ventiladores.

Como ejemplo de energía solar activa podemos nombrar a los sistemas de agua caliente sanitaria. Se pueden conseguir temperaturas del orden de 2000°C.

- **Energía solar pasiva:** es el conjunto de técnicas dirigidas al aprovechamiento de la energía solar de forma directa, sin transformarla en otro tipo de energía, para su utilización inmediata o para su almacenamiento sin la necesidad de sistemas mecánicos ni aporte externo de energía, aunque puede ser complementada por ellos, por ejemplo para su regulación.

Algunos sistemas solares pasivos pueden, no obstante, consumir una pequeña cantidad de energía necesaria para activar compuertas, relés, interruptores u otros dispositivos que mejorarían el rendimiento de estos sistemas en la recolección, almacenamiento y uso de la energía solar.

Como aplicaciones podemos decir que incluye sistemas con ganancia directa e indirecta para el calentamiento de espacios, sistemas de calentamiento de agua basados en termosifón, el uso de masa térmica y de materiales con cambio de fase para suavizar las oscilaciones de la temperatura del aire, cocinas solares, chimeneas solares para mejorar la ventilación natural y el propio abrigo de la tierra. También incluye otras tecnologías como los hornos solares o las fraguas solares, aunque estos requieren cierto consumo de energía para alinear espejos concentradores o receptores e históricamente no han demostrado ser muy prácticos o rentables para uso extensivo.

Además de las anteriores, se puede decir que una de las aplicaciones más importantes de este tipo de tecnología es la arquitectura bioclimática que no es otra cosa mas que la aplicación de este principio al diseño de edificaciones. La energía no se aprovecha por medio de captadores industrializados, sino que son los propios elementos constructivos los que absorben la energía de día y la redistribuyen por la noche. Es la forma más antigua de aprovechamiento de la energía solar.

Como comparación entre las dos, se puede decir que la tecnología solar pasiva no requiere (o requiere poca) energía adicional para funcionar y, por tanto, coste de operación cero, no emite gases de efecto invernadero y los costes de mantenimiento son muy bajos, es una elección muy interesante para tener en cuenta. Sin embargo, los sistemas solares térmicos activos, que suelen usar ventiladores y bombas, ofrecen una fracción solar mayor que los sistemas pasivos, debido a las mejoras en las transferencias y el transporte del calor. Un sistema híbrido que utilizara la energía solar fotovoltaica para alimentar esas bombas y ventiladores, podría resultar de lo más interesante.

Otra separación que se puede hacer es dependiendo del tipo de energía en que se transforme la radiación solar y de la manera de obtenerla:

- **Energía solar térmica:** consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica.

Para este tipo de aprovechamiento de la energía solar se necesita:

-Captadores solares: son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica.

-Circuito primario: es un circuito cerrado que transporta el calor desde el captador hasta el acumulador, lo hace mediante el líquido calentado en el captador que se transporta hasta el acumulador al que transfiere su calor y cuando se enfría vuelve otra vez al captador para volver a calentarse. Este circuito se compone de dos partes fundamentales: el intercambiador de calor, que calienta el agua de consumo a través del calor obtenido por la radiación solar, y el acumulador, que almacena el agua caliente útil para el consumo.

-Circuito secundario o de consumo: es un circuito abierto en el cual entra agua fría, pasa por el acumulador calentándose y sale el agua caliente lista para el consumo.

- **Energía solar fotovoltaica:** es usada para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar. El proceso que sufre la energía empieza cuando la luz solar incide sobre la placa, ésta transforma la energía solar en energía eléctrica de baja tensión y en corriente continua, después el inversor la transforma en energía de corriente alterna y, a partir de aquí, se puede inyectar directamente en una red de distribución de baja tensión o se puede aumentar la tensión mediante un transformador para después inyectarla en una red de distribución de media tensión.

En rasgos generales, las principales partes que componen a estas instalaciones solares son:

-Módulo fotovoltaico: elemento que capta la energía luminosa del sol y la transforma en corriente continua a baja tensión.

-Regulador de carga: su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador para que éste no se dañe. Proporciona a su salida una tensión continua para la instalación. Desde aquí la energía puede almacenarse en el acumulador o también puede ir directamente al inversor para después ser utilizada.

-Acumulador: almacena la energía producida por el generador. Solo está presente en las instalaciones autónomas y sirve para proporcionar energía a la instalación durante los periodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad.

-Inversor: es el aparato encargado de transformar la energía de corriente continua en energía de corriente alterna, similar a la de la red eléctrica, para poder alimentar a los usuarios.

- **Energía solar termoelectrica:** es usada para producir electricidad con un ciclo termodinámico convencional a partir de un fluido calentado a alta temperatura (aceite térmico) produciéndose la potencia necesaria para mover un alternador para generación de energía eléctrica.
- **Energía solar híbrida:** es un sistema de generación de energía que combina la energía solar con la energía obtenida de una central térmica, eólica, biomasa.... Según la energía con la que se combine es una hibridación: renovable (biomasa, energía eólica) o no renovable (combustible fósil).
- **Energía eólico solar:** funciona con el aire calentado con el sol, que sube por una chimenea donde están los generadores.

2.1.3.- INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS

Dependiendo del uso que se le de a la energía eléctrica producida se pueden distinguir dos tipos de instalaciones:

- **Instalaciones aisladas:** la electricidad es empleada para el autoconsumo de viviendas unifamiliares o explotaciones agrícolas y ganaderas en las que, por su ubicación, el abastecimiento eléctrico de la red implica una gran dificultad y un elevado coste económico.
- **Instalaciones conectadas a red:** vierten la electricidad producida a la red nacional, obteniéndose así, además de beneficios ambientales, beneficios económicos mediante su venta a las grandes compañías eléctricas.

La potencia de las instalaciones fotovoltaicas se da en Wp (vatios pico), que corresponde a la potencia que dan los módulos a 25° de temperatura y bajo condiciones de insolación de 1000W/m² (insolación aproximada de un día soleado de verano al mediodía). La potencia en Wp del módulo corresponde, aproximadamente, a la potencia máxima que puede generar. Así pues, se pueden distinguir distintos tipos de instalaciones según su potencia:

- **Instalaciones pequeñas de 3kWp como planta tipo:** tienen un rango de hasta 5kWp. Son aplicaciones rurales aisladas por ser una solución limpia y muchas veces económica, o aplicaciones conectadas a red sobre tejados, azoteas de casas, hechas por particulares en zonas de su propiedad o influencia; la motivación es generalmente medioambiental. Con la generación de 3kWp se cubriría el consumo propio de una casa tipo medio en la que vivan 2-

3 personas, excluyendo el consumo de calefacción y aire acondicionado.

- **Instalaciones medianas de 30kWp como planta tipo:** tienen un rango entre 5kWp y 100kWp. Son generadores en electrificaciones rurales centralizadas, o conectadas a red en edificios, normalmente integrados en la arquitectura de los mismos, instalaciones diseñadas por arquitectos innovadores y realizadas por comunidades de vecinos, empresas constructoras o corporaciones públicas y privadas que desean incorporar energía fotovoltaica en sus edificios o construcciones emblemáticas como valor añadido. Una instalación de 30kWp en un edificio supondría cubrir las necesidades eléctricas de diez viviendas medias.
- **Instalaciones grandes de 300kWp como planta tipo:** tienen un rango entre 100kWp y 1MWp. Son generalmente instalaciones conectadas a red, de superficies extensas, promovidas generalmente por empresas que, además de contribuir a una generación limpia, desean un refuerzo de la imagen de la empresa o entidad promotora. Una planta de 300kWp cubre el consumo de un edificio de tipo medio.
- **Centrales fotovoltaicas de 3MWp como planta tipo:** tienen un rango entre 1MWp y 50MWp. Son centrales de generación, promovidas generalmente por empresas o consorcios de empresas, siendo generalmente una de ellas la empresa local de distribución; estas empresas desean conseguir cierto rendimiento económico y una componente de generación verde. Una planta de 3MWp cubre el consumo de una población o urbanización de aproximadamente 500 vecinos.

2.1.4.- EMPLAZAMIENTOS

Sobretudo se distinguen dos tipos de emplazamientos en los que se colocan las instalaciones fotovoltaicas:

- **Sobre cubierta:** pueden ser instalaciones en cubiertas sobre tejados de edificios públicos, de viviendas, edificios industriales... Por ejemplo, en la actualidad, en España existe la obligación de instalar sistemas de energía solar térmica en los edificios para cubrir entre el 30% y el 70% de las necesidades de agua caliente sanitaria.
- **Sobre terreno:** en este tipo de emplazamientos cabe destacar sobretudo los parques solares, los cuales son destinados a la obtención de energía eléctrica en grandes cantidades. Además de los parques solares, existen otras instalaciones dirigidas a la obtención de menor energía con el objetivo tan solo de cubrir las necesidades energéticas de una vivienda, un huerto...

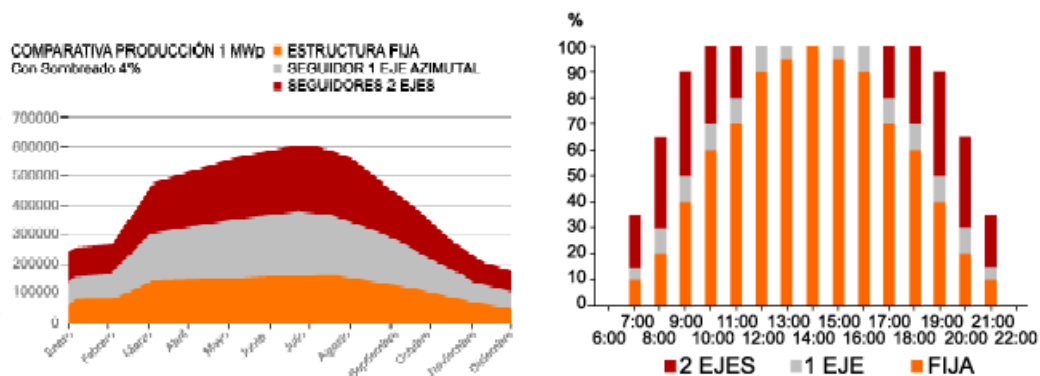
2.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS SEGUIDORES SOLARES

Un seguidor es una estructura que puede girar sobre uno o dos ejes con el objetivo de orientar las placas solares que sostiene de forma que estén lo más perpendicularmente posibles a los rayos del sol. Si se trata de dos ejes, este hace un movimiento de Este-Oeste y Norte-Sur, si es de un eje, generalmente hace un movimiento de Este a Oeste. Este tipo de mecanismo sirve para mejorar el seguimiento del sol en cuanto a las estructuras fijas habituales.

Estas estructuras soportan sobre una parrilla una o varias placas solares, dependiendo de la producción eléctrica que se quiera.

2.2.1.- VENTAJAS QUE OFRECEN LOS SEGUIDORES FRENTE A LOS SISTEMAS FIJO

El aumento de rendimiento respecto a los fijos es de un 34% más para seguidores de dos ejes. En el caso de instalaciones fotovoltaicas, si se considera el rendimiento de toda la instalación, es decir, paneles solares más inversores eléctricos, el incremento puede llegar al 40 %. En los de un eje el rendimiento anual puede incrementarse en un 30 %. En las dos siguientes gráficas se observa el incremento de producción con cada tipo.



Visto el aumento de rendimiento que proporcionan estas estructuras, sale mucho más rentable un seguidor de dos ejes, que uno fijo o de un eje. Estos se amortizan rápidamente. Pero también entra otro factor que es la dimensión de las placas que se quiera colocar, si es una placa pequeña, para una producción baja, el seguidor de dos ejes no saldrá rentable, para elegir entre uno u otro habrá que tener en cuenta las características que se quieran conseguir con la instalación.

Las ventajas y desventajas entre seguidores de 1 y 2 ejes son:

Seguidores de un eje	
Ventajas	Desventajas
Menor coste	Seguimiento solar impreciso
Simplicidad	Menor energía captada
Posibilidad de adaptación a cubiertas	

Seguidores de dos ejes	
Ventajas	Desventajas
Seguimiento solar más preciso	Mayor coste
Incrementos de la producción en torno al 35% con respecto a una placa fija	
Generalmente dificultan el robo de paneles FV.	

2.2.2.- TIPOS DE SEGUIDORES

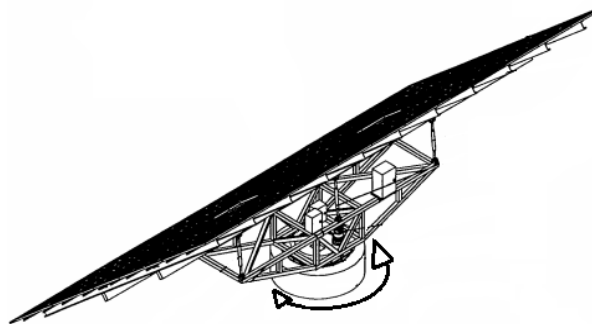
Existen dos tipos de seguidores: seguidores de 1 eje y seguidores de 2 ejes.

Se hablará primero de los seguidores de 1 eje: para este tipo de seguidores el giro puede realizarse en varios planos, puede girar respecto a un eje orientado al sur, respecto a un eje vertical o respecto a uno horizontal.

En el primer caso el eje esta inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora, como la del reloj.



En el eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.



Y en el eje horizontal, este está orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.



Estos seguidores solo tiene un eje y por tanto solo un motor y un reductor. Suelen emplearse para instalaciones pequeñas, generalmente una placa solar, o para lugares donde haya poco espacio o se necesite poco peso. Por ejemplo para la cubierta de un tejado, para ocupar poco y reducir el peso pueden usarse este tipo de seguidores.

Dependiendo de cada uno de los tres tipos el rendimiento es mejor o peor, pero también aumenta el precio.

Por último, se hablará de los seguidores de dos ejes: la superficie se mantiene siempre perpendicular al sol.

Existen de dos tipos:

- **Monoposte:** un único apoyo central.
- **Carrusel:** varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.

Este tipo de seguidores consta de dos ejes de giro, que puede ser uno vertical y otro horizontal, o dos verticales perpendiculares entre si. Este tipo de seguidor se utiliza en instalaciones más grandes, y también tiene un mayor precio y peso. Suelen ir colocados en el suelo, por en una cubierta serian muy pesados.

2.2.3.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN

Los seguidores solares están expuestos a todo tipo de agentes corrosivos del medio ambiente por ello tiene que estar protegidos. Para protegerlos contra oxidación y corrosión, los elementos que están en el exterior (eje, estructura soporte, mástil...) están fabricados de acero galvanizado en seguidores grandes y aluminio en seguidores de menos dimensiones.

Para los elementos internos tipo: motor, engranajes... se montan dentro de una carcasa que impide que entre el agua.

Para proteger a los seguidores contra fuertes vientos (superiores a 70 Km/h), llevan una estación meteorológica, que cuando detecta vientos altos y prolongados, hace que el seguidor coloque las placas solares en posición horizontal o totalmente paralela a la superficie a la que se encuentren, ya que es la forma que opone menor resistencia al viento.

Para proteger la estructura frente a nieve se basa en hacer una estructura capaz de soportar la carga de nieve encima de los paneles.

Y para proteger contra el granizo, los cristales prensados que forman las placas solares dan la resistencia suficiente para soportar este tipo de impactos.

2.2.4.- RELACIÓN ENTRE TIPOS DE SEGUIDORES Y EMPLAZAMIENTO

En casos generales, cuanto más grande es la instalación, más grande es el seguidor solar que se coloca. Empezando por un parque solar de grandes

dimensiones, donde lo más utilizado es un seguidor solar de dos ejes de grandes dimensiones, unos 80 o 90m² de superficie de placa solar.

En un parque solar de menos dimensiones, puede colocarse tanto un seguidor solar de dos ejes de pequeño tamaño, o placas fijas.

Para instalaciones sobre tejado (cubierta) lo más utilizado son placas fijas, ya que no hay que guardar tanto espacio entre ellas y se aprovecha mejor el espacio, y también pesan menos para que las pueda soportar la cubierta. Otra solución sobre cubierta es la de colocar seguidores de un eje, de cualquiera de los 3 tipos explicados antes. No hay que dejar mucha separación entre placas, y la superficie que se pierde se gana con el aumento de productividad, y tampoco tiene mucho más peso.

Por ultimo para consumo propio (una caseta de riego, agua caliente en una casa...) se puede emplear tanto un seguidor solar de un eje, de una superficie de unos 2m² como una placa fija, depende de la energía que se utilice.

2.3.- ESQUEMA BÁSICO DE FUNCIONAMIENTO. ELEMENTOS DE ACCIONAMIENTO Y CONTROL

El seguidor solar tiene que ir monitorizado por una central, y tener una estación meteorológica, que puede servir para uno o para varios seguidores. La forma por la que la central puede guiar el seguidor es de dos tipos:

- **Por sensores:** las placas solares de cada seguidor llevan unos sensores, por los que detectan si los rayos de sol inciden perpendicularmente sobre las placas, o no. Mediante estos sensores la central va dando la orden a los motores de que muevan las placas solares o no, para que estas estén todo el tiempo perpendiculares a los rayos de sol.
- **Por posición solar:** de esta forma, la central da la orden de posición a las placas, por medio de una ecuación en la que según la hora, un ordenador va calculando la posición del sol en todo momento. En este tipo de sistema se habrá de tener en cuenta el lugar donde se instale el sistema.

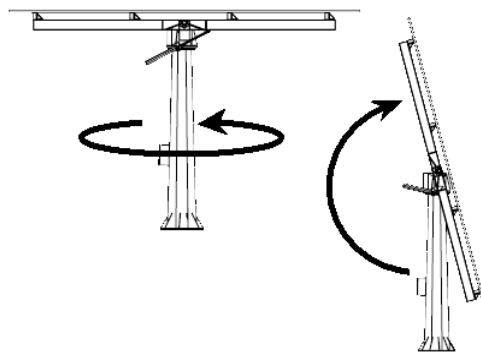
La misión de la estación meteorológica es medir en todo momento las condiciones climatológicas. Primero para ver si las placas funcionan correctamente, ya que se sabrá si a sido un día soleado o no, y a partir de aquí ver lo que han producido las placas. La segunda misión, es la de medir la velocidad del viento, para dar la orden de que se pongan las placas en la posición de protección si fuera necesario, como ya se a explicado en el apartado de medidas de seguridad. Todos estos componentes electrónicos, mandan la información a los motores que accionan los sistemas mecánicos, para hacer mover las placas. Las placas o parrillas de placas pueden moverse de dos formas, por medio de un eje que gira, o por medio de brazos actuadores.

En los seguidores de 1 grado de libertad lo más habitual es encontrar un eje, que haga girar la placa. Este eje se pondrá según como gire la placa (dependiendo de los tres tipos explicados antes). La central manda la información al motor, que por medio de un reductor acciona el eje. Este reductor tendrá que tener una desmultiplicación conocida, ya que sabiendo la velocidad del eje la central dará una orden más larga en el tiempo o menos. Otra forma que también puede usarse, sobre todo para varias placas que no

giren un ángulo muy grande, es la de usar un brazo. La central puede mandar la información tanto a una bomba hidráulica, como a un motor lineal.

Sin embargo, en los seguidores de 2 grados de libertad se puede encontrar varias combinaciones de los dos tipos explicados antes (dos ejes, un brazo y un eje, dos brazos...), va en función del tamaño la mayoría de las veces.

Para seguidores no muy grandes se emplea un brazo y un eje. El eje es igual que en el caso anterior, y hace girar las placas de vertical a horizontal. El brazo le da un giro en la trayectoria del sol, de izquierda a derecha. Si el seguidor es más grande, aguanta más placas, se suele emplear dos motores. De esta forma, un eje es igual que siempre, gira las placas de posición vertical a horizontal y esta compuesto de un motor-reductor, que acciona el eje. El otro grado de libertad, es un giro en la vertical, la placa rota sobre si misma (los movimientos se describen en la figura). En el mástil que la soporta, se monta un motor con un reductor, pero este en vez de un eje, lleva un piñón que engrana con una corona exterior, y hace girar las placas.



Con una combinación adecuada de los dos movimientos, en cualquier combinación de mecanismos que se eligiera, se consigue un seguimiento solar casi perfecto.

3.- DISEÑO DEL CONJUNTO

3.1.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

En este se describen los cálculos que se han hecho a la hora de dimensionar la estructura del seguidor solar. Estos cálculos se han realizado con el objetivo de cumplir ciertos requisitos que comentaremos a continuación.

3.1.1- REQUISITOS A TENER EN CUENTA

La instalación tendrá un grado de libertad, el cual le permitirá inclinar la placa según la estación del año y el día en que se encuentre.

Se va a utilizar un coeficiente de seguridad **Cs=4**. El motivo de que dicho coeficiente sea tan elevado es para que esta estructura no solamente se limite al uso de células muy ligeras, sino que también se puedan utilizar para otras células un poco más pesadas; además de que se puedan cambiar algunos parámetros geométricos con el objetivo de que se puedan utilizar en cubiertas de distintas inclinaciones y en distintos lugares con distintas latitudes (influye en la inclinación de las placas).

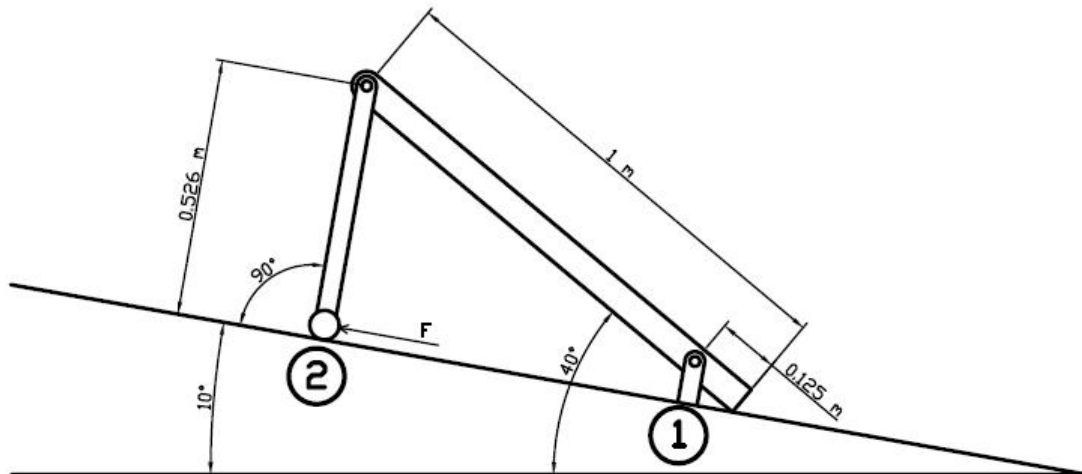
Se van a realizar los cálculos teniendo en cuenta como localización la de Zaragoza.

Se va a suponer una presión dinámica del viento de **0'52 KN/m²**, la cual es la más desfavorable en el territorio de la Península Ibérica según el Código Técnico de Edificación (CTE).

La estructura se va a colocar en cubiertas con una inclinación de **10°** respecto a la horizontal. Se ha elegido esta inclinación ya que es una de las más habituales en instalaciones industriales.

La estructura será de **4x2 placas**, es decir, de 4 filas con dos placas cada una de ellas.

Las dimensiones de las placas serán de **2x1 metros**, siendo la arista de 2 metros la que quede perpendicularmente a la horizontal y la de 1 metro la que varíe su inclinación. Así pues, con estos tres últimos parámetros que se han nombrado el diseño inicial de la estructura, vista desde un lateral, sería de la siguiente manera:



Como se ha mencionado anteriormente, las células fotovoltaicas serán DSSC, con lo cual el peso de cada placa se detalla a continuación:

Una célula de 0'2x0'254m pesa 50 g $\rightarrow p = 0'984 \text{ kg/m}^2$

Con lo cual, una placa de 2x1m $\rightarrow P = 1'968 \text{ kg} \approx 2 \text{ kg}$

El material utilizado para la estructura será **Aluminio S754-H38 Semiduro**, ya que al ser una instalación dirigida emplazarla en cubiertas conviene que sean lo más ligeras posibles. Así pues, sus propiedades son:

- $E = 71000 \text{ N/mm}^2$ (E = módulo elástico)
- $\rho = 2660 \text{ kg/m}^3$ (ρ = peso específico)

- $\sigma_F = 310 \text{ N/mm}^2$ (σ_F = resistencia a la tracción/compresión)
- $\tau_F = 165 \text{ N/mm}^2$ (τ_F = resistencia a la cizalladura)

Si sabemos que tenemos un $C_s = 4$ y con las propiedades que acabamos de nombrar podemos deducir el esfuerzo axial y esfuerzo cortante máximos que vamos a permitir que soporten los perfiles:

- $\sigma_{\max} = 77'5 \text{ N/mm}^2$
- $\tau_{\max} = 41'25 \text{ N/mm}^2$

Los perfiles utilizados en la estructura serán todos normalizados.

Los pasadores necesarios para unir ciertas partes de la estructura serán tornillos normalizados y serán de acero inoxidable teniendo las siguientes propiedades:

- $E = 200000 \text{ N/mm}^2$
- $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
- $\sigma_F = 620 \text{ N/mm}^2$
- $\tau_F = 310 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_{\max} = 155 \text{ N/mm}^2$
- $\tau_{\max} = 77'5 \text{ N/mm}^2$

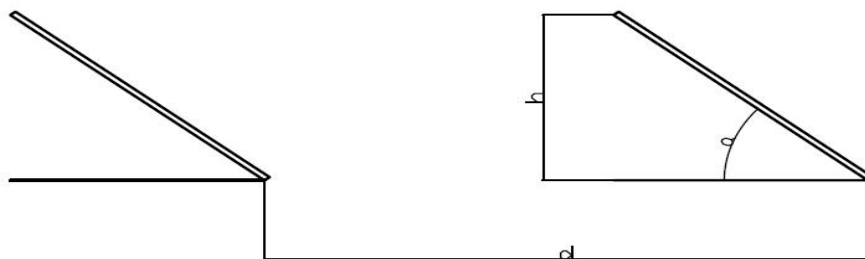
El objetivo más prioritario de esta estructura es que mantenga a las placas en una posición perpendicular a los rayos solares. Para ello, las placas se tendrán que colocar en distintos ángulos según el mes en el que nos encontremos:

- Enero: 40°
- Febrero: 30°
- Marzo: 30°
- Abril: 30°
- Mayo: 20°
- Junio: 20°
- Julio: 20°
- Agosto: 30°

- Septiembre: 30°
- Octubre: 30°
- Noviembre: 30°
- Diciembre: 40°
- Es decir, el ángulo máximo sería 40° y el mínimo 20°, pero como el sistema de seguridad contra fuertes vientos pone las placas paralelas a la superficie, en este caso que la pendiente del tejado son 10° el ángulo mínimo de las placas también serán esos 10°.

Según el Código Técnico de Edificación, las placas han de colocarse a una cierta distancia (d) unas de otras para impedir que unas se hagan sombra a las otras:

- Latitud (L): 41'7°
- Altura máxima de la placa (h)
- Ángulo máximo de la placa (α): $\alpha = 40^\circ$



$$h = LongPlaca \times \sin \alpha = 1 \times \sin 40 = 0'64 \text{ metros}$$

$$d = \frac{h}{\tan(61 - L)}$$

$$\mathbf{d = 1'84 \text{ metros}}$$

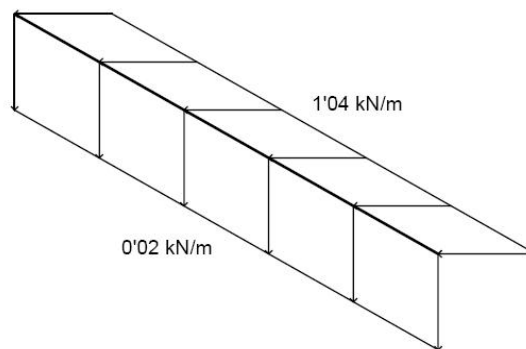
El movimiento de los elementos para inclinar las placas no necesita de ninguna velocidad específica, ya que es un movimiento excesivamente lento como para tenerlo en cuenta. Es decir, sobretodo hay que conseguir que la estructura resista estáticamente.

3.1.2.- ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA A DISTINTOS ÁNGULOS Y CON DISTINTAS DIRECCIONES DEL VIENTO

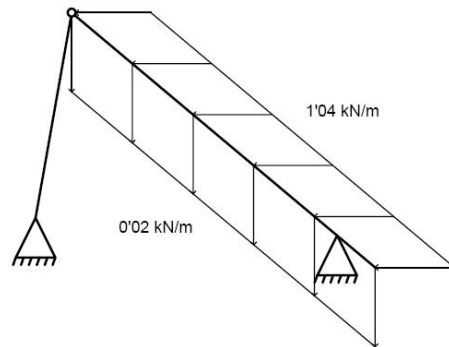
En este punto se van a representar las fuerzas a las que están sometidas las estructuras en las distintas situaciones a las que se pueden ver sometidos. Además de esto, se van a representar también los distintos diagramas de esfuerzos. En este punto todavía no se tendrán en cuenta los pesos propios de los materiales, sino que se representarán los diagramas de la estructura tan solo teniendo en cuenta la fuerza del viento y el peso propio de la placa.

Esta representación se hará desde un lateral de la estructura, con lo cual se van a representar las fuerzas superficiales equivalentes, de peso (P) y de viento (Q), en fuerzas lineales:

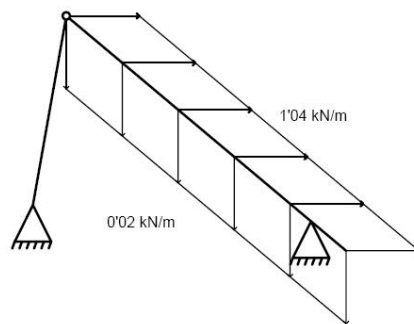
- $P = 2 \text{ kg} \rightarrow (\text{La placa tiene } 2 \text{ m}^2) \rightarrow p = 1 \text{ kg/m}^2 \rightarrow$
 $\rightarrow (\text{Desde el lateral la placa tiene una batalla de } 2 \text{ m}) \rightarrow$
 $\rightarrow p = 2 \text{ kg/m} \rightarrow p = 0'02 \text{ kN/m}$
- $Q = 0'52 \text{ kN/m}^2 \rightarrow (\text{Con la batalla de } 2 \text{ m}) \rightarrow q = 1'04 \text{ kN/m}$



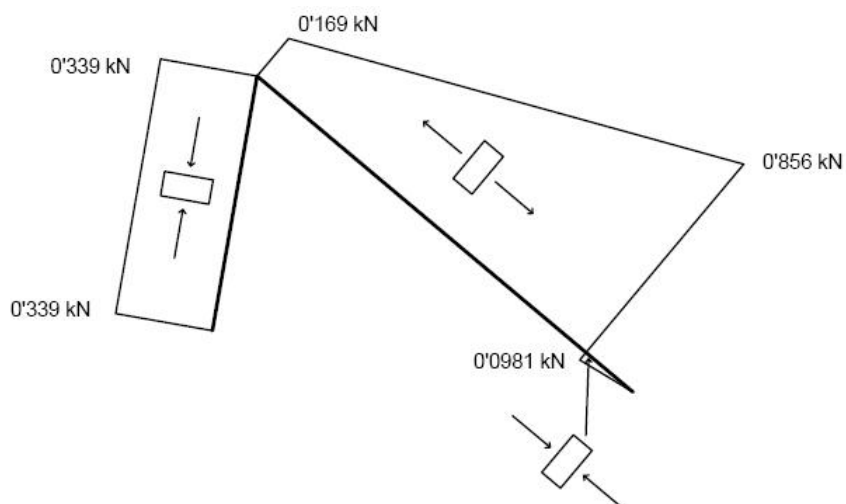
Con lo cual, la estructura quedará de la siguiente manera cuando el viento incida en la parte superior:

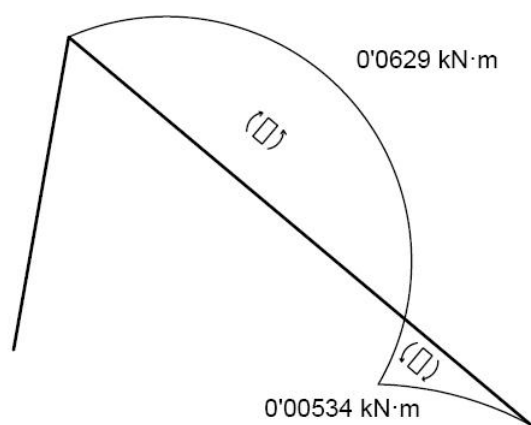
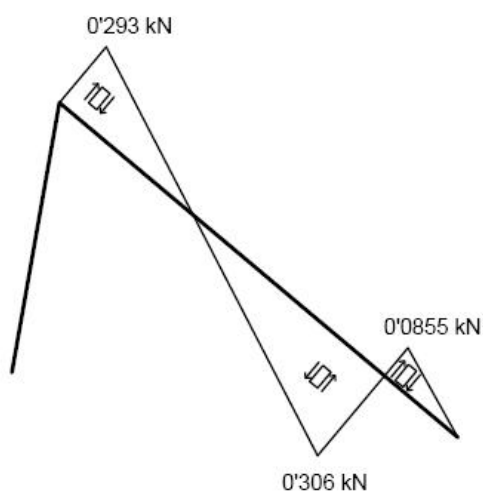


De la misma manera, así quedará cuando el viento incida en la parte inferior:

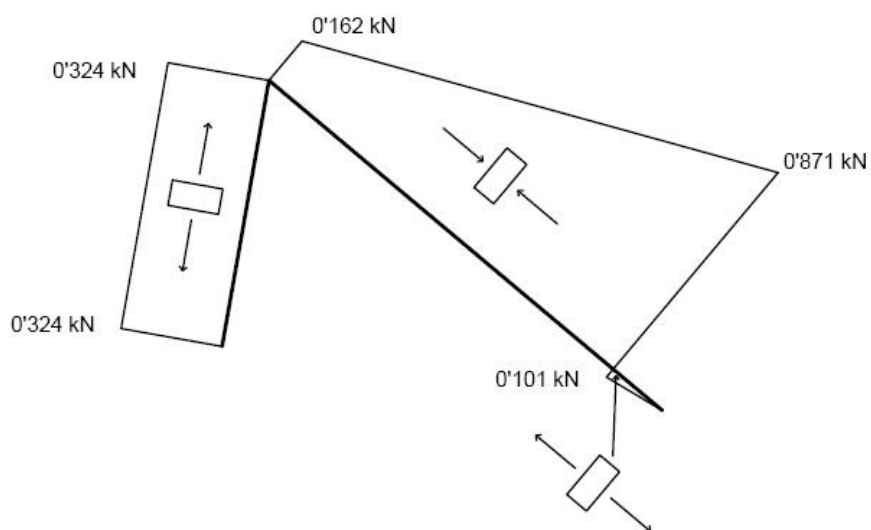


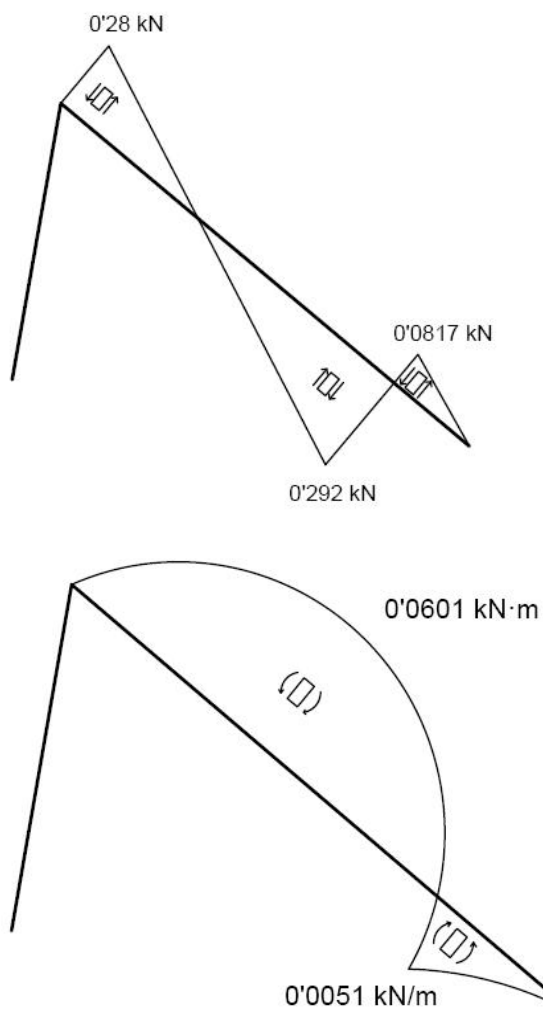
PLACA A 40° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR



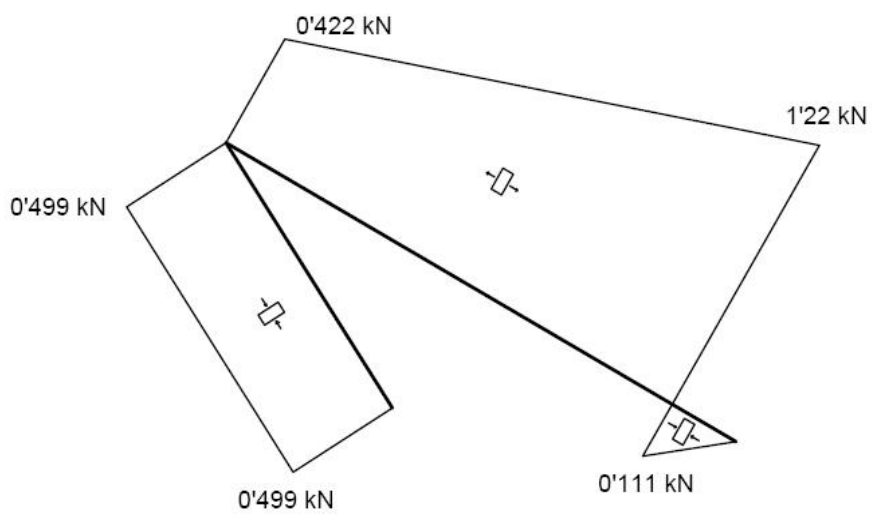


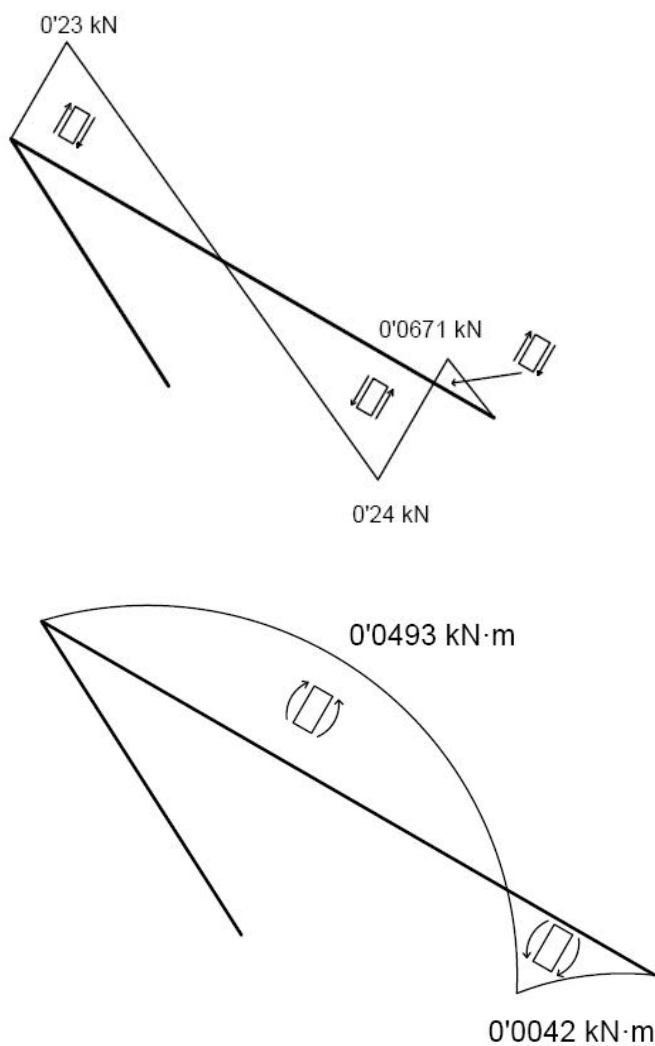
PLACA A 40° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



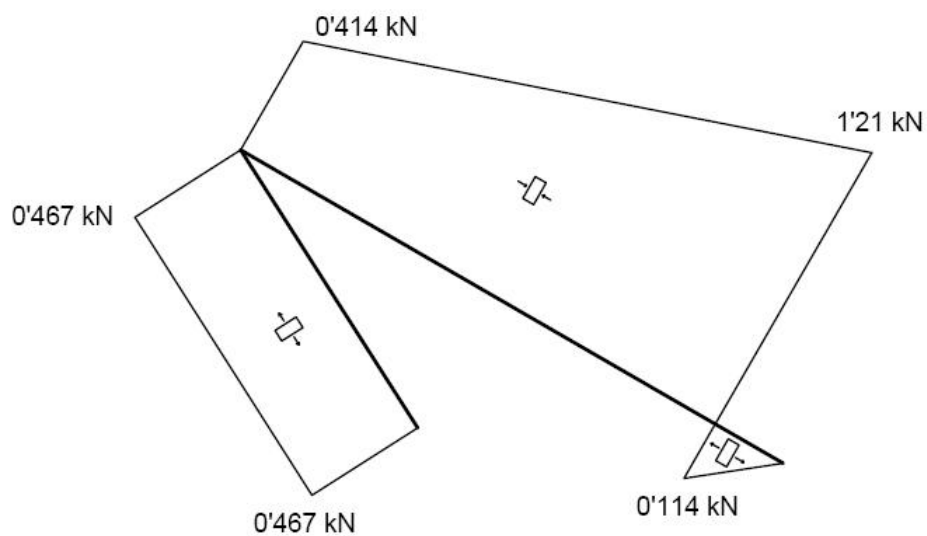


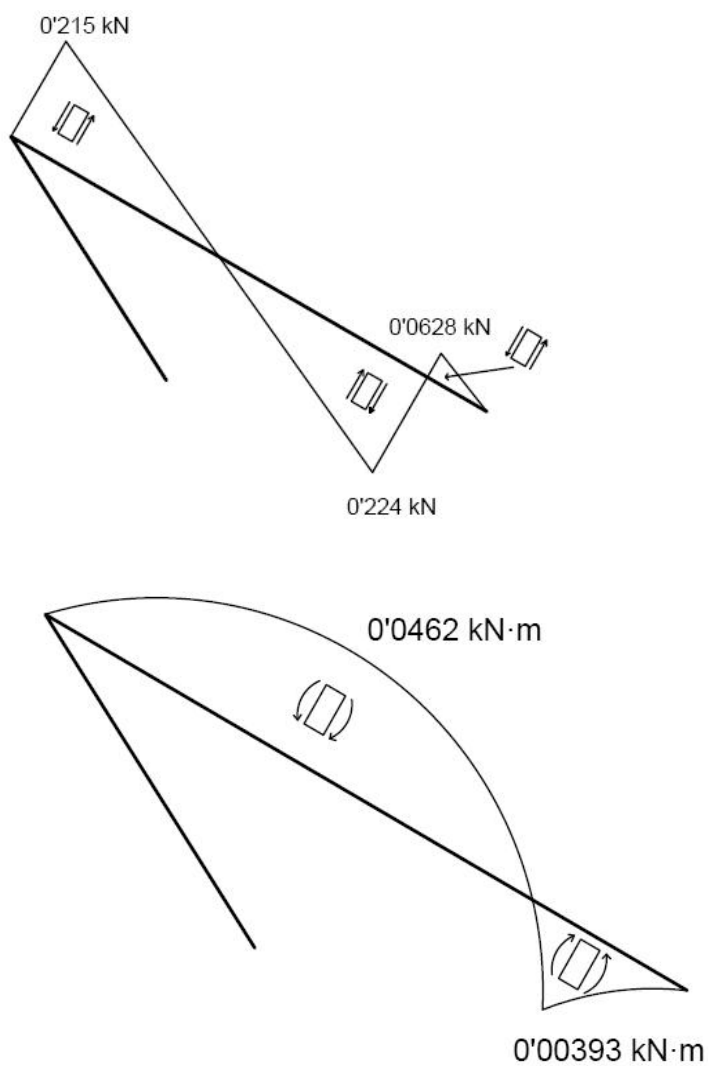
PLACA A 30° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR



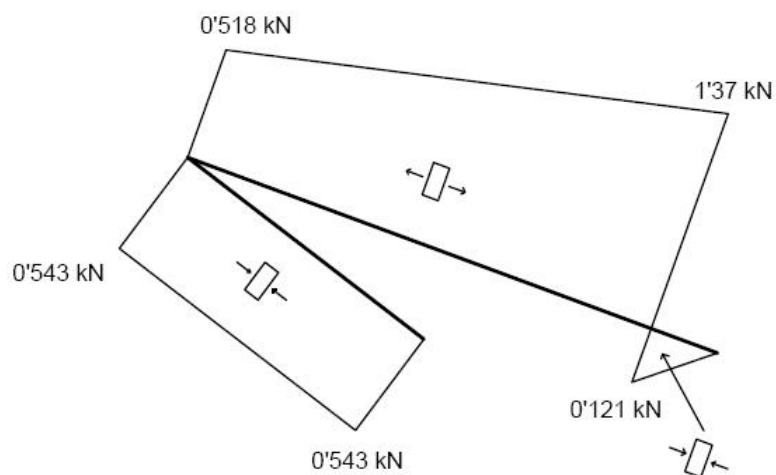


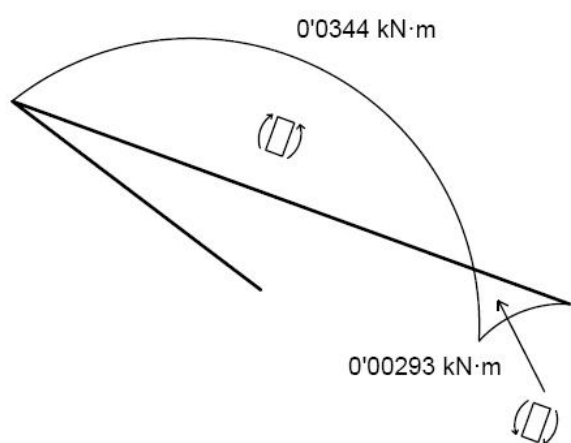
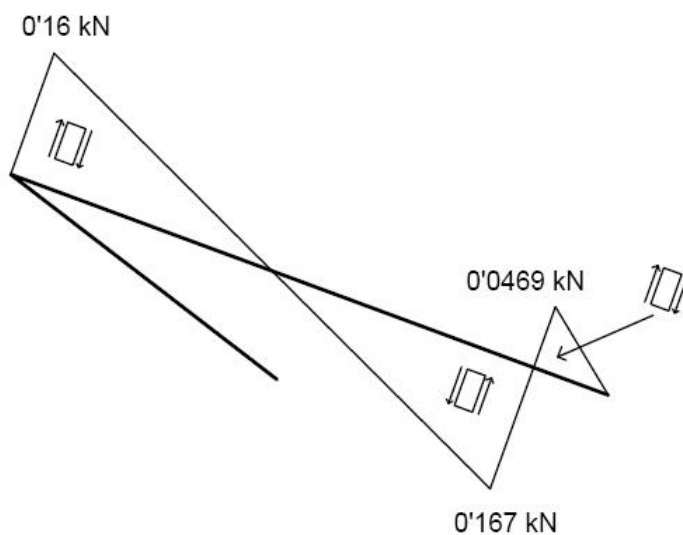
PLACA A 30° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



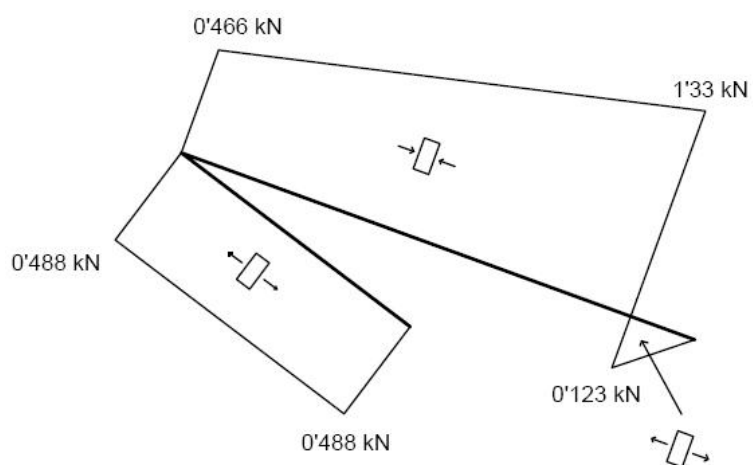


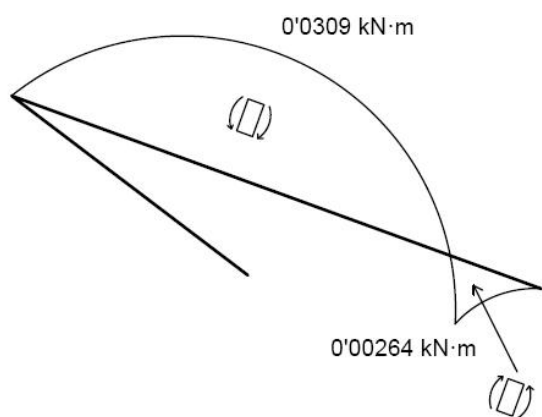
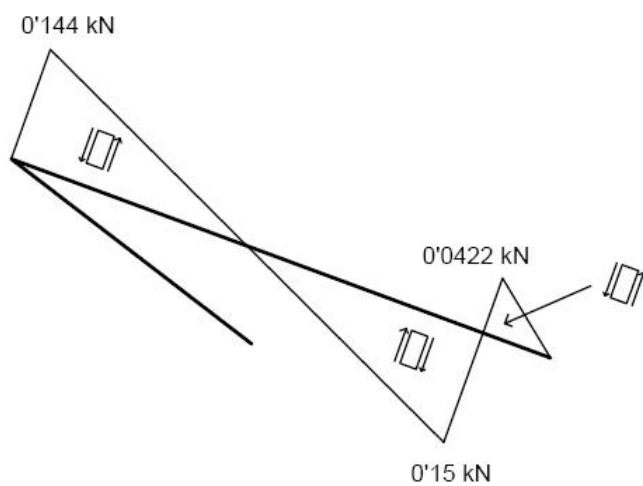
PLACA A 20° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR



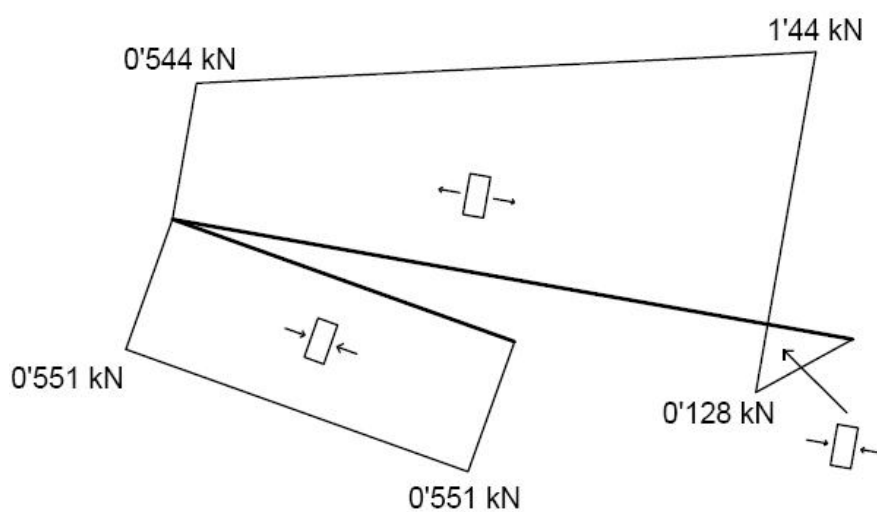


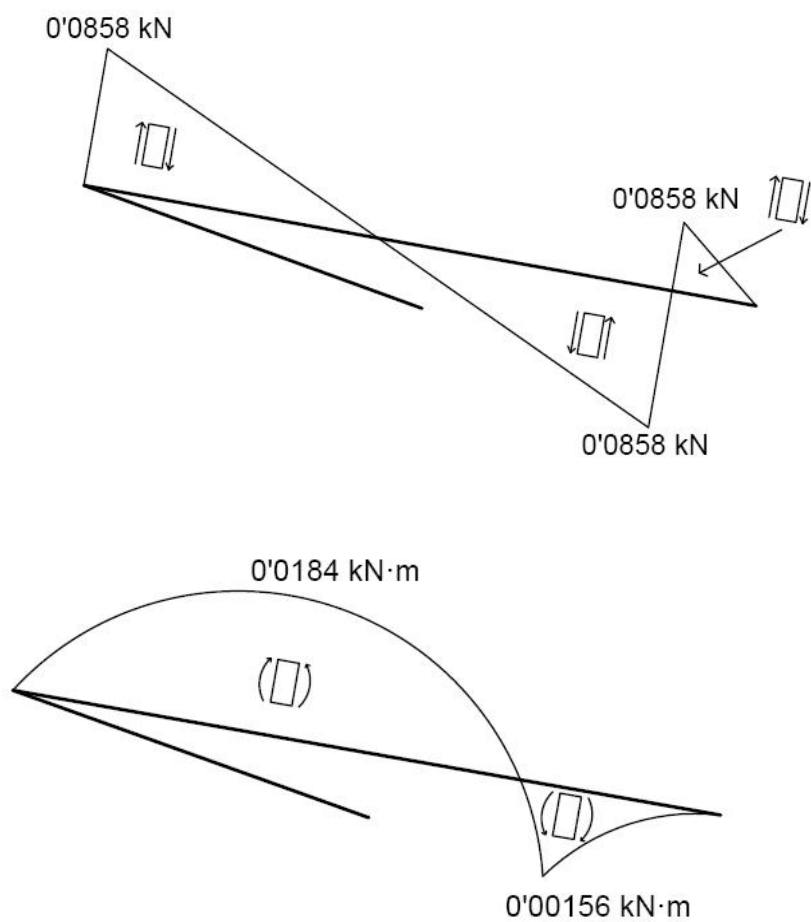
PLACA A 20° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



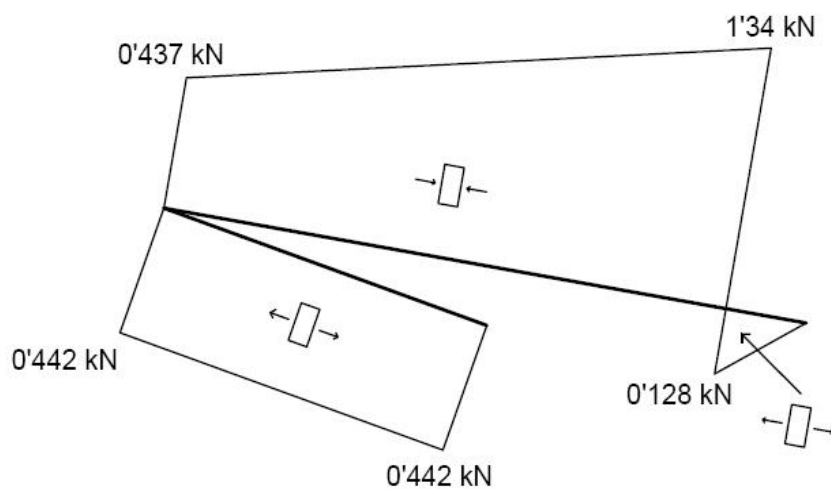


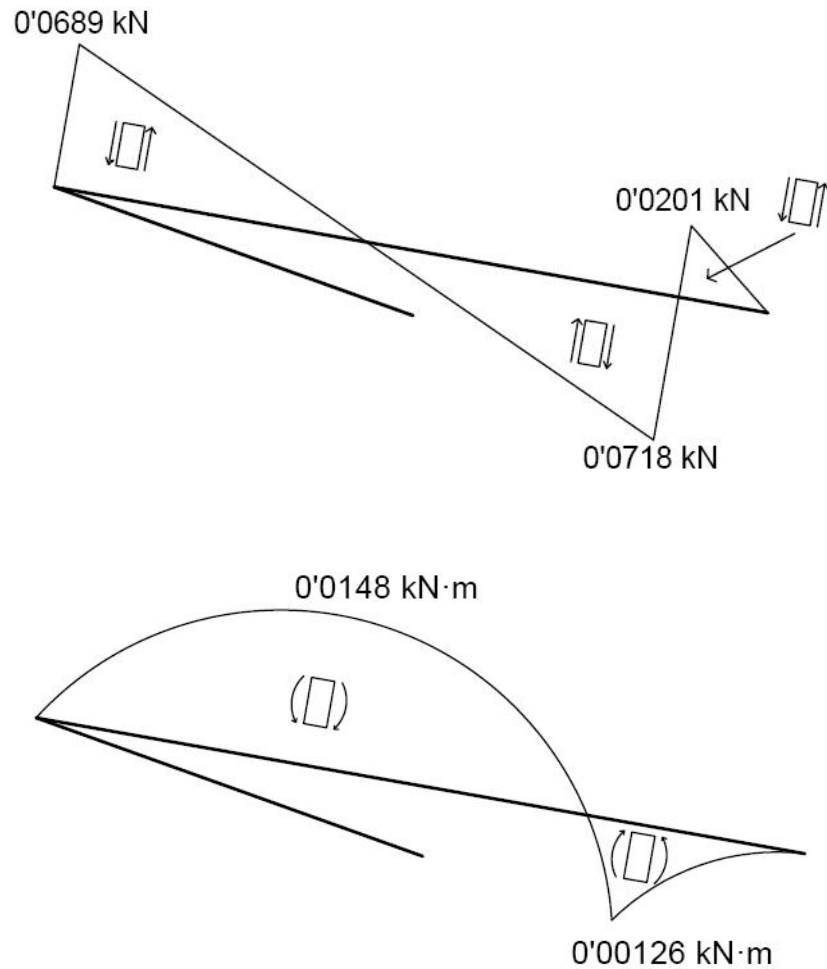
PLACA A 10° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR





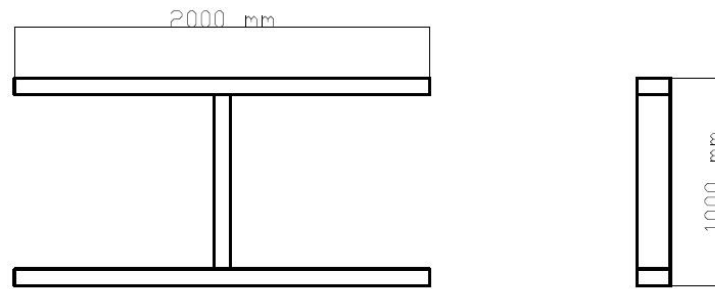
PLACA A 10° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



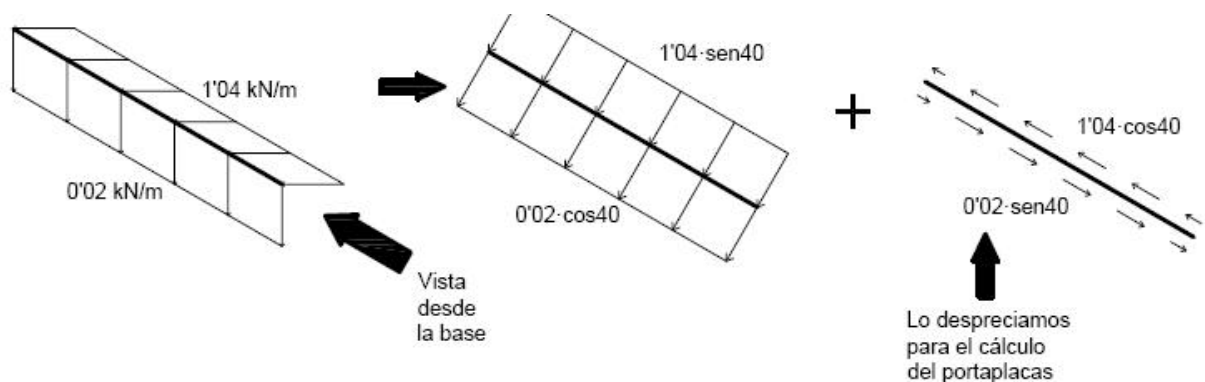


3.1.3.- DIMENSIONADO DEL PORTAPLACAS

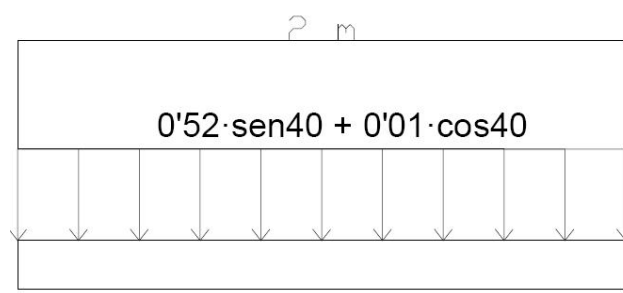
El portaplacas, como su propio nombre indica, es la parte de la estructura que se va a encargar de servir como anclaje a las placas. Se va a componer de dos perfiles de 2 metros cada uno en la parte superior e inferior del mismo, y otro perfil de las mismas características que une los dos perfiles de 2 metros:

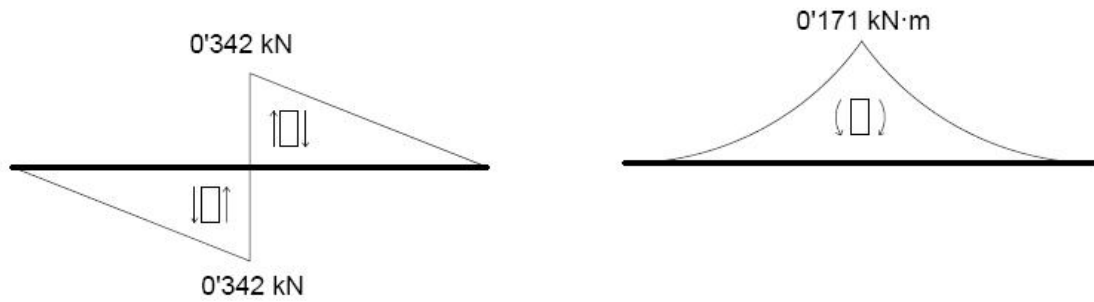


Además de los esfuerzos a los que estará sometido que se han visto antes desde el perfil, hay que tener en cuenta también los esfuerzos a los que estará sometido viéndolo desde la base de la placa. Para ello hay que tener en cuenta que el momento en el que mayor esfuerzos va a sufrir la placa es cuando se encuentra a 40° de la horizontal y cuando el viento incide en la parte superior de dicha placa:



Hay que tener en cuenta que visto desde la base las fuerzas distribuidas serían 0'52 en vez de 1'04 y 0'01 en vez de 0'02, esto se debe a que la batalla es de 1 metro en vez de ser de 2. Además, también hay que observar que, visto desde este punto de vista, solamente hay un apoyo justo en el medio de la placa. Así pues, la figura quedaría así:





Como desde este punto de vista son dos barras las que soportan la carga en esta dirección, las tensiones se dividirían para 2, quedando así:

$$M_z = 0'0855 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$T_y = 0'171 \text{ kN}$$

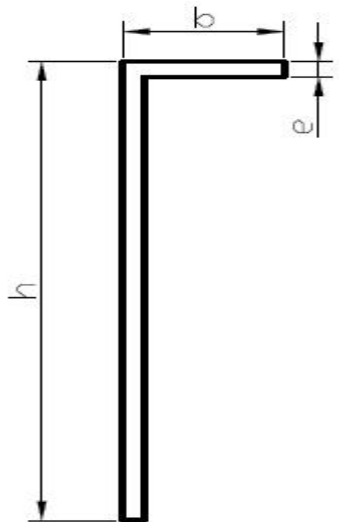
Como se ha nombrado anteriormente, los perfiles del portaplacas serán todos de las mismas propiedades tanto geométricas como mecánicas. Así pues, después de hacer todos los cálculos con el portaplacas en distintas posiciones y mirándolo desde la base, se observa que el máximo momento flector que soporta alguno de los perfiles es cuando se mira desde la base. A partir de este momento podemos calcular las dimensiones de los perfiles:

$$M_z = 0'0855 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma = \frac{M_z}{w} = \frac{85500}{w} = 77'5 \rightarrow w = 1'1032 \text{ cm}^3$$

El perfil más ligero que cumple con $w = 1'1032 \text{ cm}^3$ es el perfil de “Ángulo de lados desiguales” siguiente:

h (mm)	b (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	w (cm ³)
60	15	2	0'414	1'535



Es conveniente comprobar que también cumple con los esfuerzos que se originan si se mira desde el lateral. El caso más desfavorable desde esta perspectiva es cuando la placa se encuentra a 40° y con el viento incidiendo en la parte superior de la placa. El punto en el que el momento flector es máximo se tiene:

$$M_z = 0'0629 \text{ kN}\cdot\text{m} = 62900 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$N_x = 0'5493 \text{ kN} = 549'3 \text{ N (Tracción)}$$

$$\sigma = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = 44'739 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = 77'5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max} > \sigma \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez hallado el perfil que se utilizará, ya se puede saber aproximadamente lo que pesará el portaplacas:

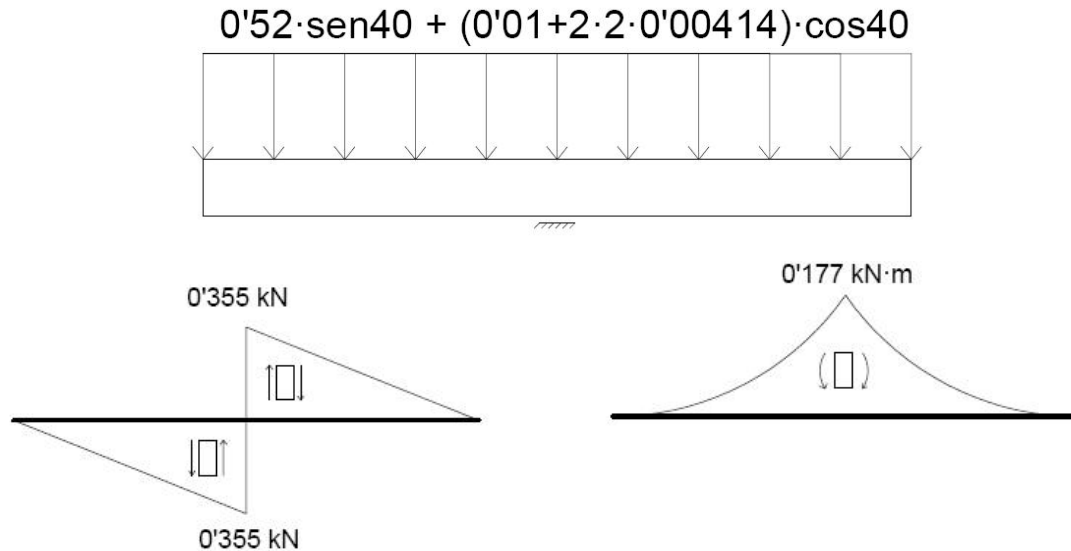
Se dispone de aproximadamente 2'97 metros de perfil y su peso específico es 0'414 kg/m. Con lo cual:

$$P = 2'97 \times 0'414 = 1'23 \text{ kg}$$

Como hay que añadirle elementos de anclaje $\rightarrow P = 1'5 \text{ kg}$

Ahora se puede comprobar si el portaplacas aguanta su propio peso:

- Vista desde la base: su propio peso se considera una carga distribuida de 2 barras x 2 metros cada barra x 0'00414 kN/m:



Como en el caso anterior, al soportarlos entre dos barras, los esfuerzos se dividen entre dos:

$$M_z = 0'0885 \text{ kN} \cdot \text{m} = 88500 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

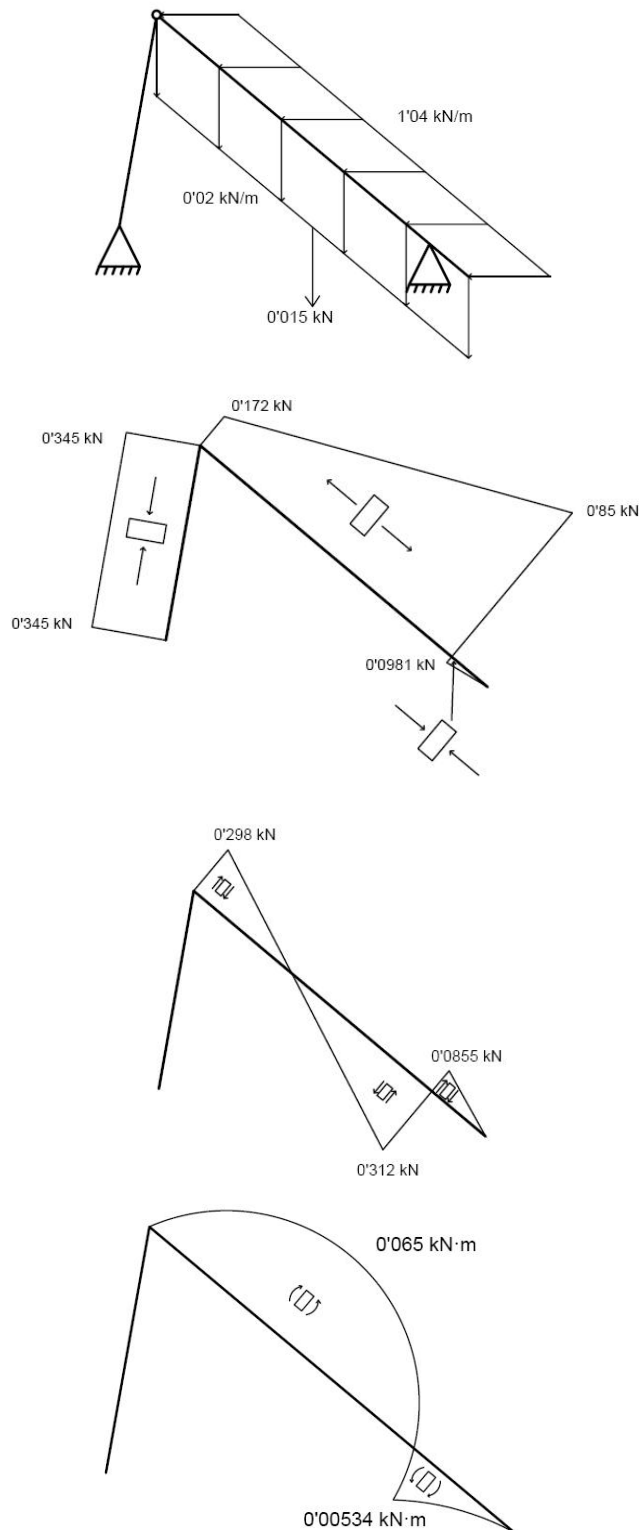
$$T_y = 0'1775 \text{ kN} = 177'5 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{M_z}{w} = \frac{88500 \text{ N} \cdot \text{mm}}{1535 \text{ mm}^3} = 57'65 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = 77'5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\max} > \sigma \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Vista desde el perfil a 40° y con el viento incidiendo en la superficie superior de la placa: su propio peso se puede considerar que es una carga puntual de 1'5 kg en el centro del portaplacas ya que éste forma una estructura prácticamente simétrica:



$$M_z = 0.065 \text{ kN}\cdot\text{m} = 65000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$N_x = 0.5522 \text{ kN} = 552.2 \text{ N (Tracción)}$$

$$\sigma = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = \frac{552.2 \text{ N}}{146 \text{ mm}^2} + \frac{65000 \text{ N}\cdot\text{mm}}{1535 \text{ mm}^3} = 46.13 \text{ N/mm}^2$$

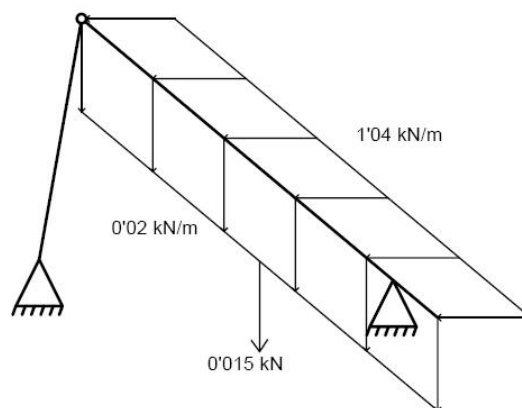
$$\sigma_{\max} = 77'5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\max} > \sigma \rightarrow \underline{\text{CUMPLE}}$$

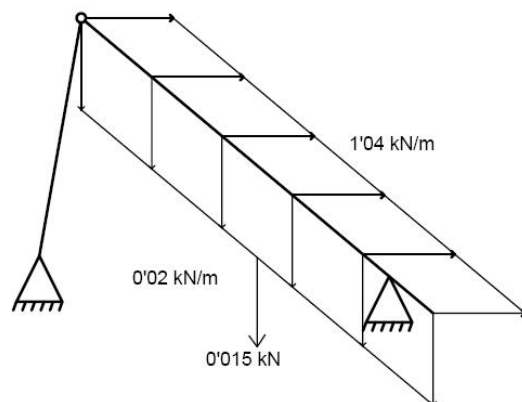
3.1.4.- ESFUERZOS DE LA ESTRUCTURA A DISTINTOS ÁNGULOS Y CON DISTINTAS DIRECCIONES DEL VIENTO

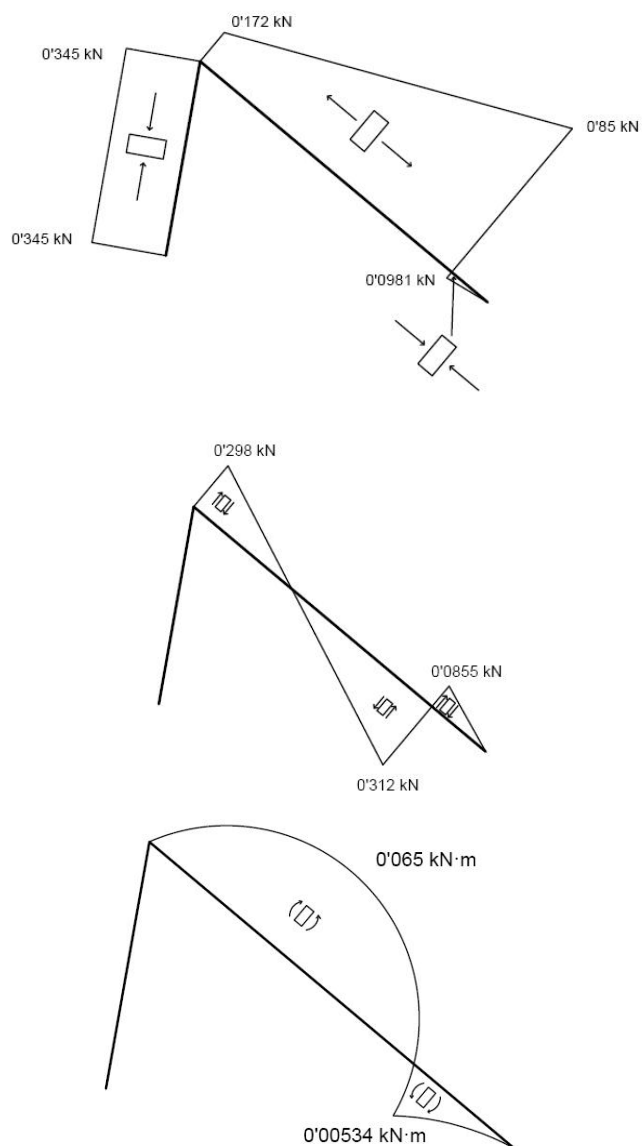
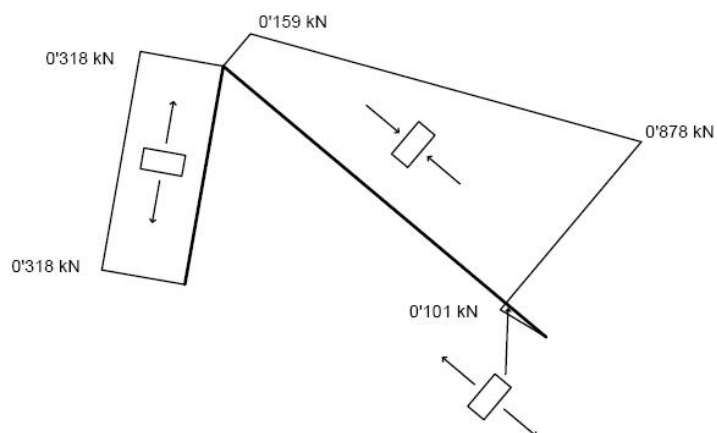
En este caso, además del viento y del peso de la placa, se van a hacer los cálculos teniendo en cuenta el peso propio del portaplacas. El peso propio de los demás elementos no se tendrán en cuenta ya que, a parte de que todavía no se sabe qué peso van a tener, se considerará que no son muy significativos para el resto de la estructura. Por ello, la estructura quedará de la siguiente manera:

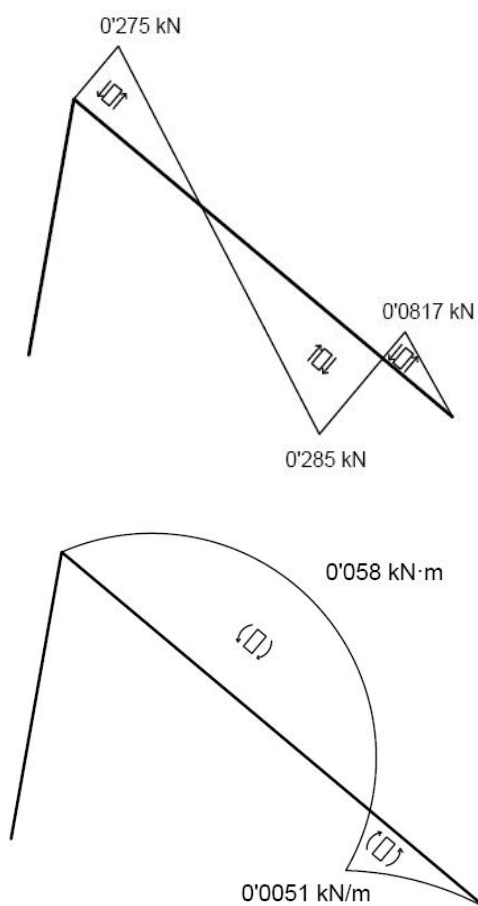
- Viento incide en la parte superior:



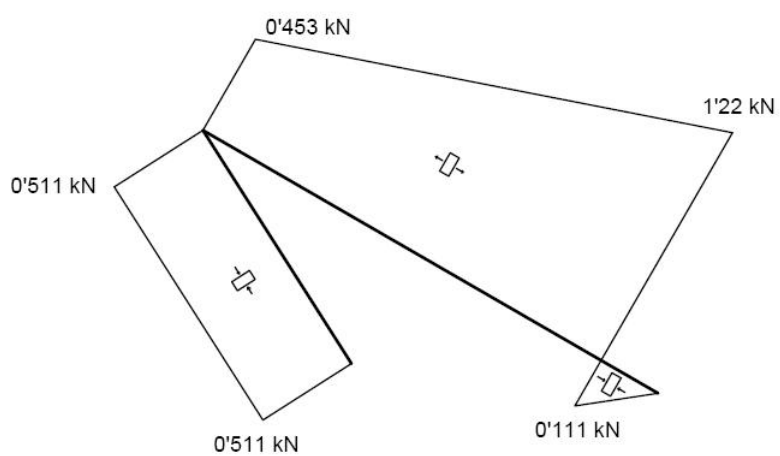
- Viento incide en la parte inferior:

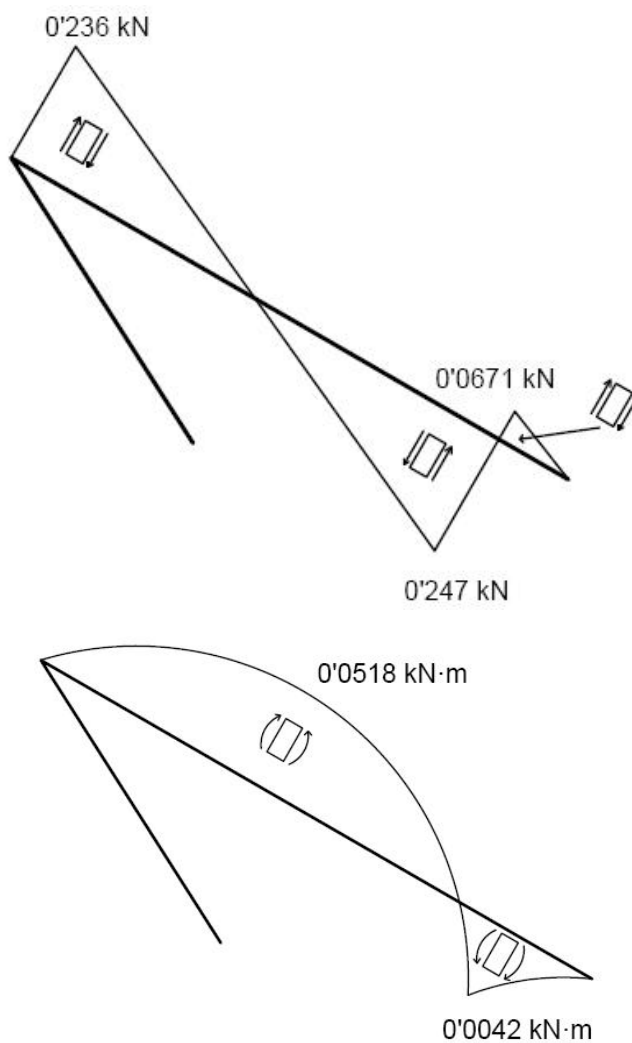


PLACA A 40° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR**PLACA A 40° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR**

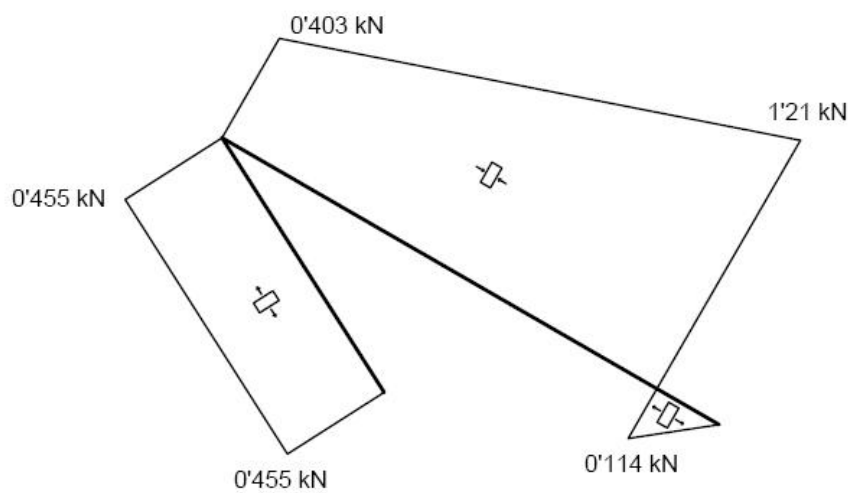


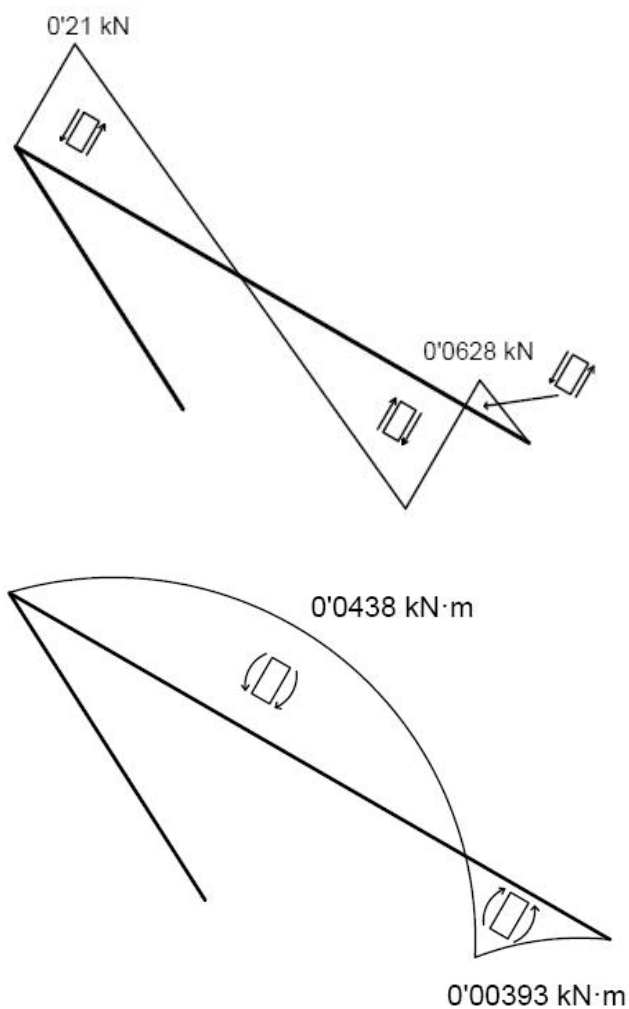
PLACA A 30° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR



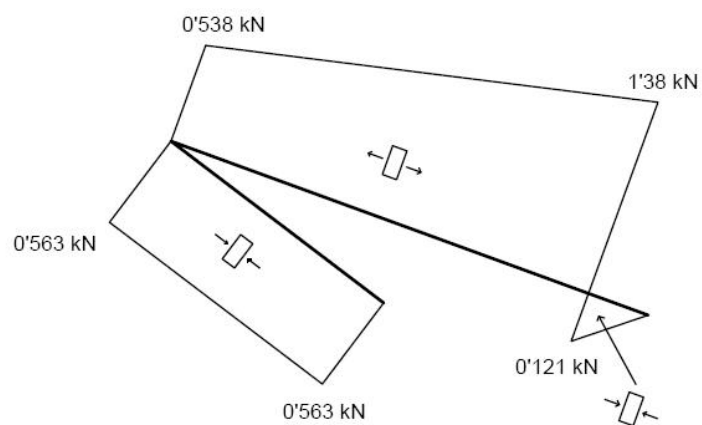


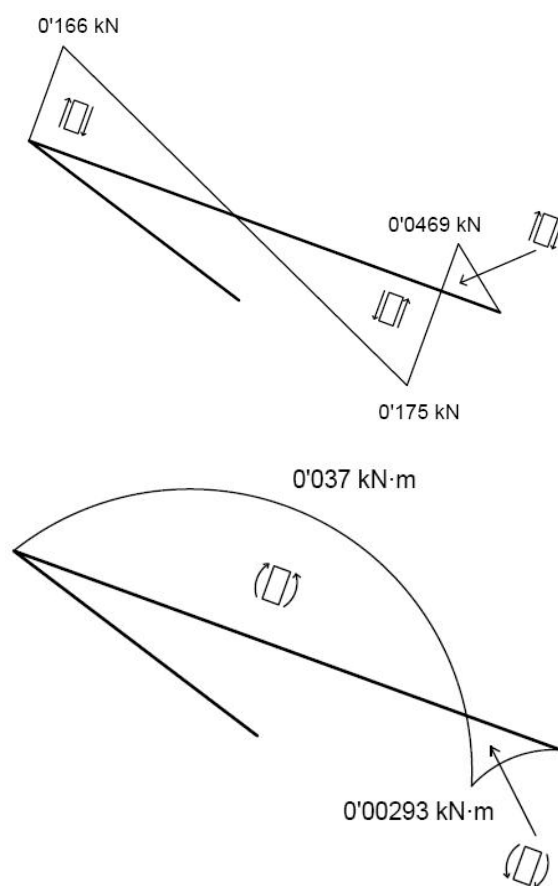
PLACA A 30° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



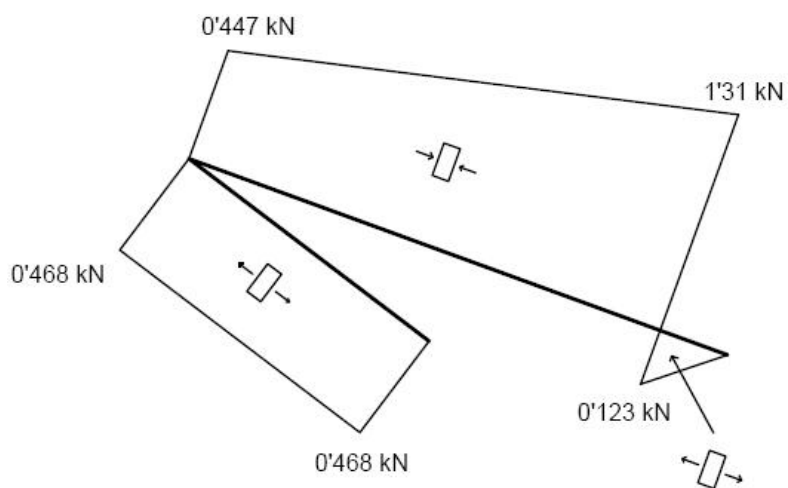


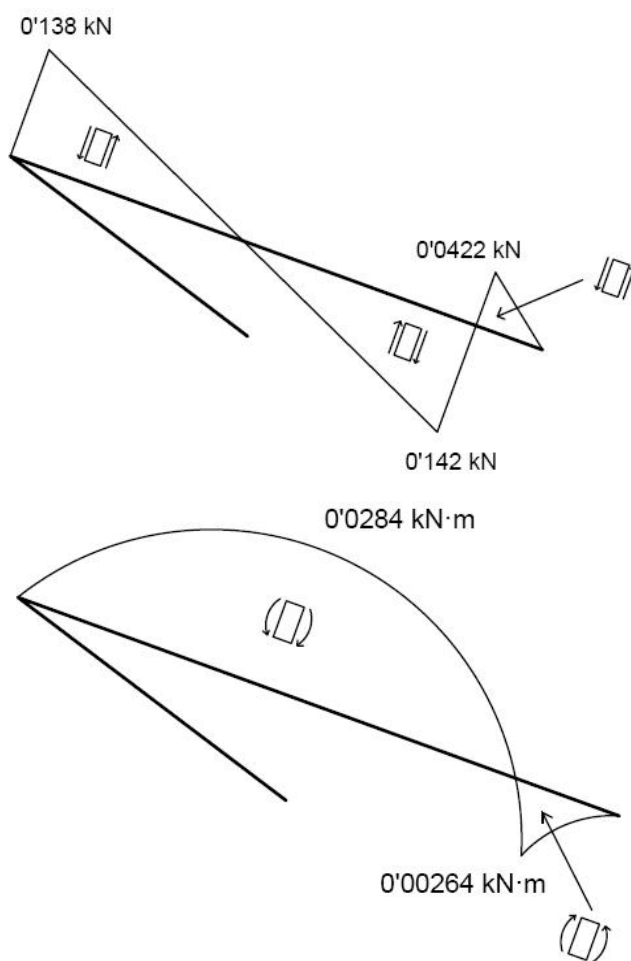
PLACA A 20° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR



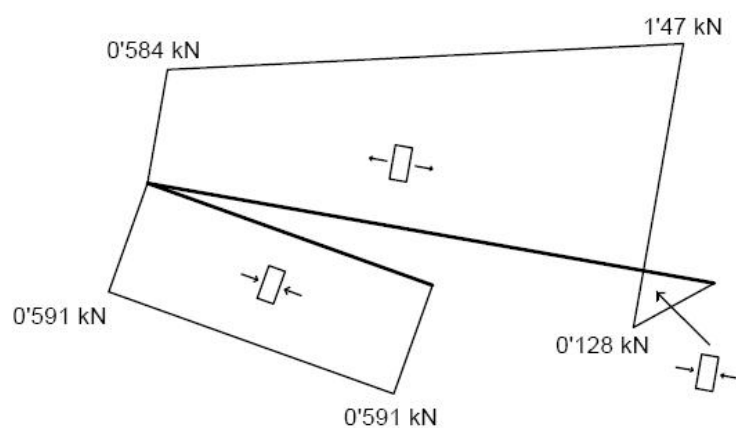


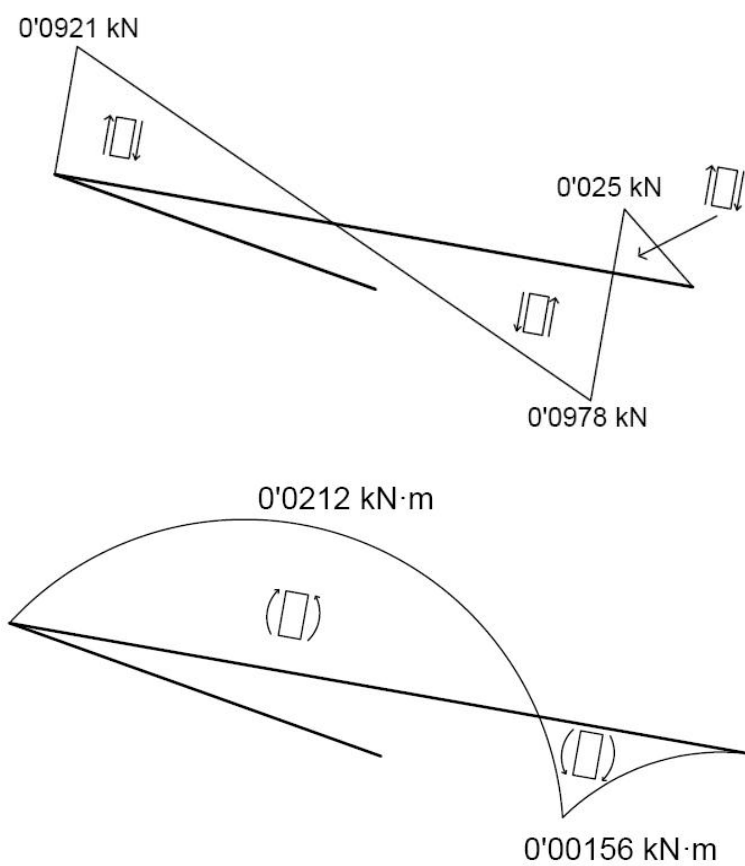
PLACA A 20° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



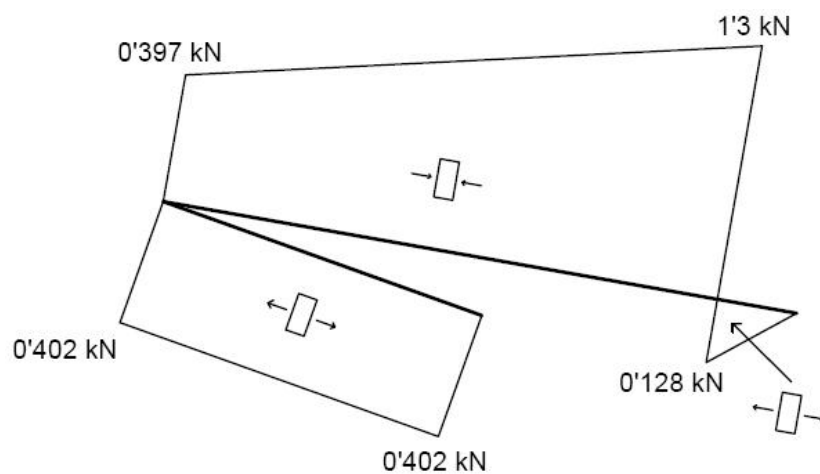


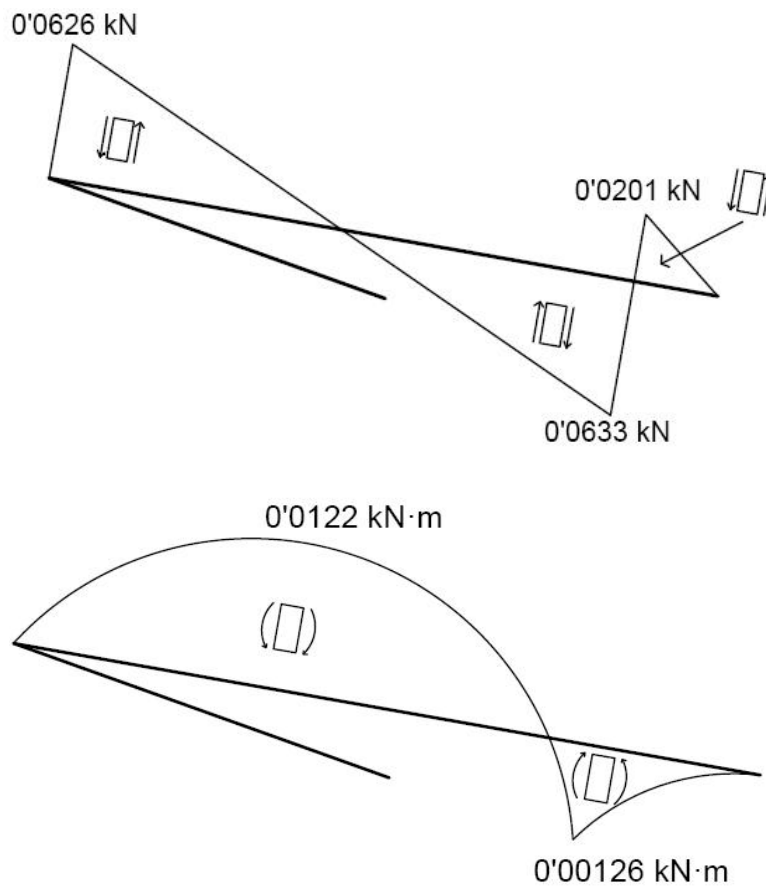
PLACA A 10° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE SUPERIOR





PLACA A 10° CON VIENTO INCIDIENDO EN LA PARTE INFERIOR



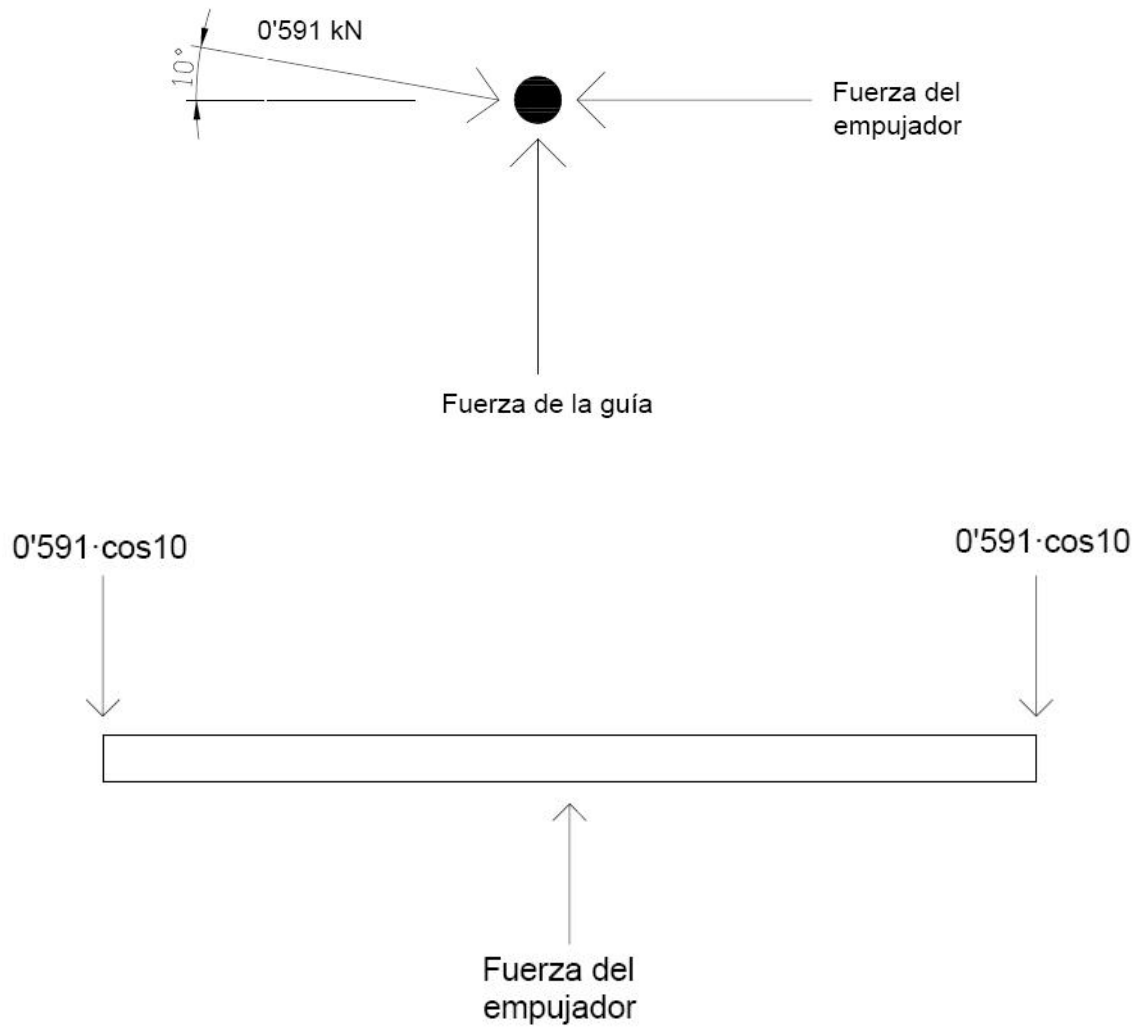


3.1.5.- DIMENSIONADO DEL EJE DEL EMPUJADOR

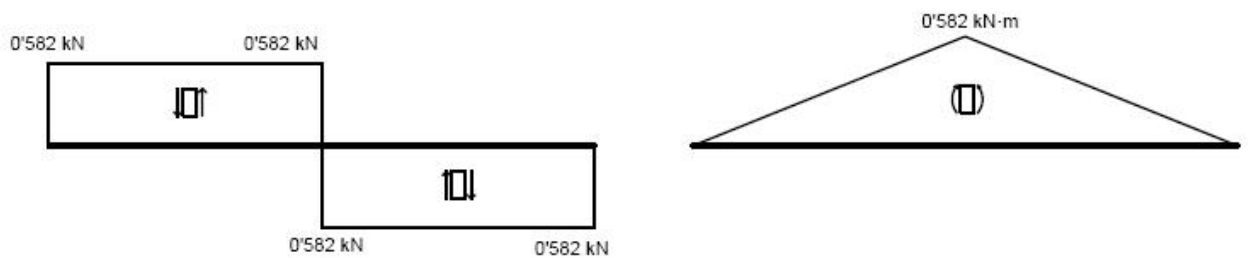
El caso en el que el empujador va a tener que hacer más fuerza es en el que la placa está totalmente paralela a la superficie de la cubierta con el viento incidiendo sobre la parte superior de la placa.

Este eje será un tubo cilíndrico hueco de una longitud de aproximadamente 2 metros.

La fuerza que se le transmite a esta barra es de 0'591 kN, pero esa fuerza no la soporta totalmente el eje del empujador, sino que esta fuerza se divide en dos componentes de las cuales una la soporta el eje del empujador y la otra se transmite directamente a la guía:



$$F_{\text{empujador}} = 2 \cdot 0'591 \cdot \cos 10 = 1'164 \text{ kN}$$

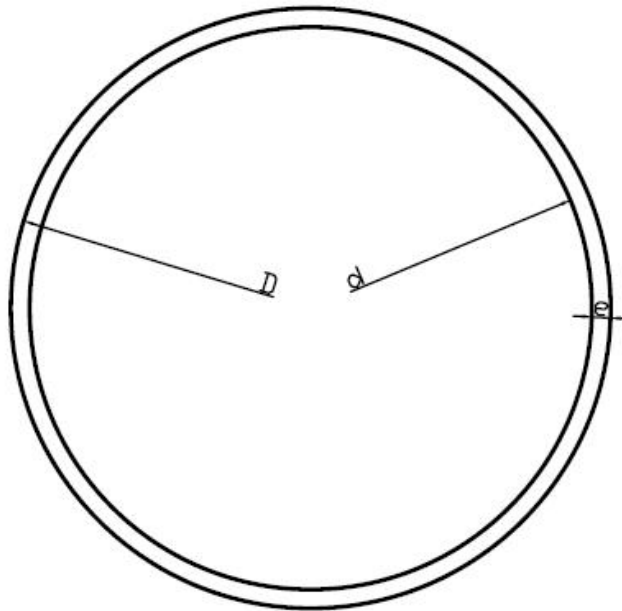


$$M_z = 0'582 \text{ kN} \cdot \text{m} = 582000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$\sigma = \frac{M_z}{w} = \frac{582000}{w} = 77'5 \rightarrow w = 7'5097 \text{ cm}^3$$

El perfil que cumple dicho requisito es:

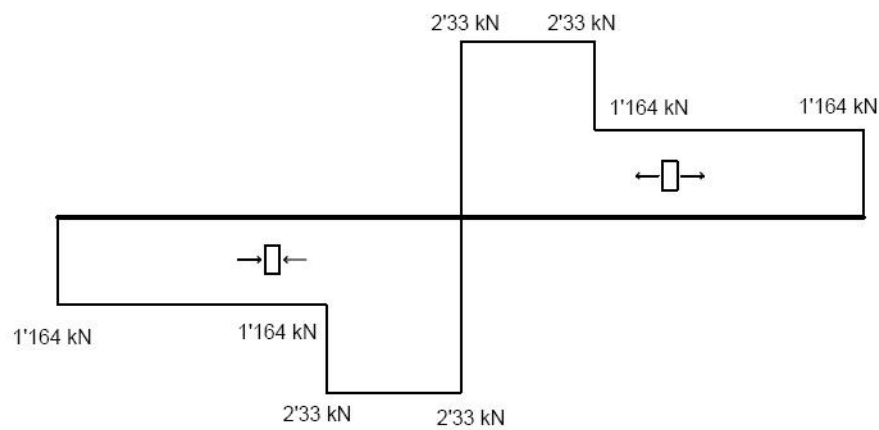
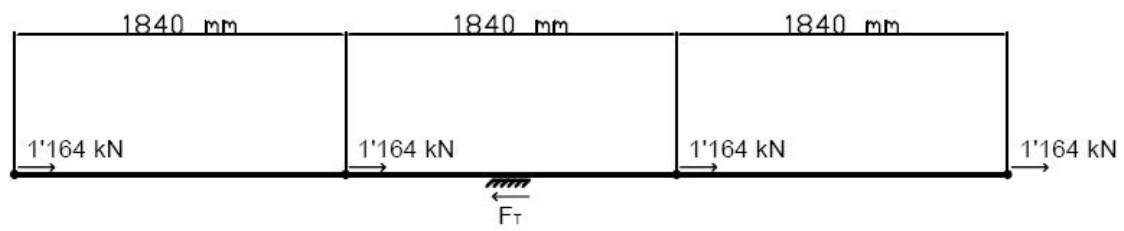
Diámetro D (mm)	Diámetro d (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	w (cm ³)
80	75	1'5	1'643	11'437



En este caso no se va a comprobar si cumple con los esfuerzos provocados por el peso propio del tubo ya que se considera que dichos esfuerzos son insignificantes y que por ello podrá soportarlos con facilidad.

3.1.6.- DIMENSIONADO DEL EMPUJADOR

Como se ha mencionado anteriormente, la estructura va a constar de 4 filas con dos placas cada fila. Así pues, el resultado de la reacción "R" calculada en el apartado anterior es la fuerza que tiene que hacer el empujador para mover una de esas filas. Con lo cual, para mover todas las filas, el mecanismo de accionamiento va a tener que hacer una fuerza " F_T " de $F_T = 4 \cdot R$. Sin embargo, dicho mecanismo de accionamiento se colocará a mitad del empujador para que así la mitad de éste trabaje a tracción y la otra mitad a compresión, consiguiéndose así que el perfil tenga que soportar la mitad del esfuerzo.

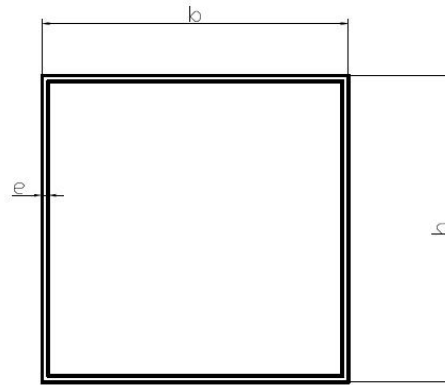


$$N_x = 2'33 \text{ kN} = 2330 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{M_z}{w} = \frac{2330}{w} = 77'5 \rightarrow A = 30'6 \text{ mm}^2$$

El tubo escogido es el siguiente:

b (mm)	h (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	A (mm ³)
100	100	2	2'223	784



Se podría haber escogido otro tubo más pequeño, pero con este tamaño se facilita la fabricación y el montaje de la estructura.

Cálculo de pandeo:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = 68'22$$

$$L_e = \beta \times L = 2'73m = 2730mm$$

$$L = 1'84 + \frac{1'84}{2} = 2'73m$$

$$\beta = 1$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 40'02mm$$

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{\sigma_F}} = 67'24$$

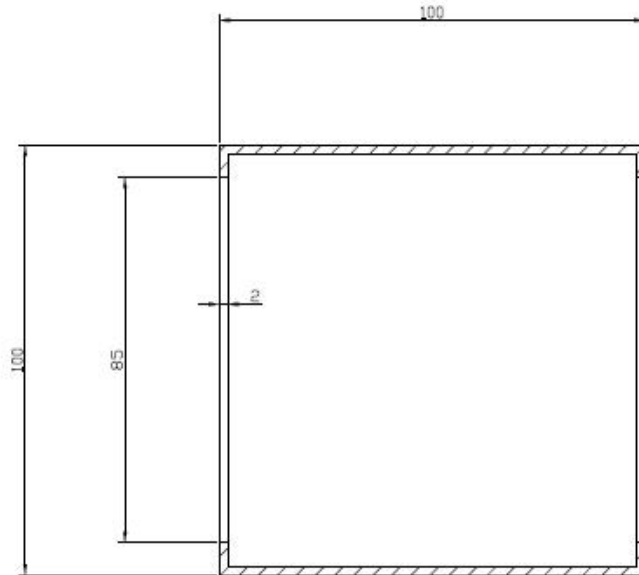
$$\lambda > \lambda_{lim} \Rightarrow F_{CR} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2} = 118040N$$

➔ NO PANDEO

En este agujero irá alojado el eje del empujador y un casquillo de fricción para facilitar el giro del eje sobre el empujador cuando sea necesario. El casquillo tendrá un diámetro interior de 80 mm y uno exterior de 85 mm. Por ello el empujador será de la siguiente manera:



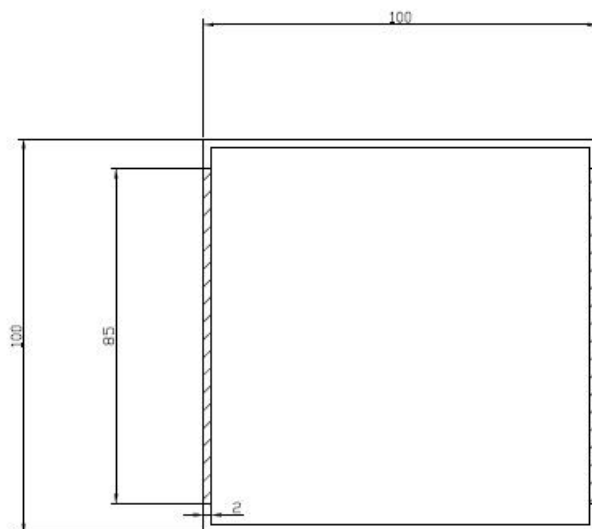
Así pues los agujeros más solicitados serán los agujeros centrales ya que soportarán la carga de 2 ejes. Con lo cual, teniendo en cuenta todo esto, la carga de tracción se soportará con la sección rallada:



$$A = 444 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = 5'24 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma < \sigma_{\max} \quad \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

Además, los ejes ejercerán una carga de compresión sobre la superficie del empujador por el que pasan:



$$A = 340 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = 6'84 \text{ N / mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

El eje del empujador tiene que soportar a cizalladura 1'164 kN:

$$\tau = \frac{N}{N^{\circ} \text{ planos} \times A} = 0'96 \text{ N / mm}^2 < \tau_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

3.1.7.- DIMENSIONADO DE LAS PATAS

Para dimensionar las patas móviles se va a tener en cuenta el caso en el que la placa forma 10° con la horizontal (paralela a la superficie de la cubierta) y el viento incide sobre la parte superior de la placa, se tiene en cuenta este caso ya que es el más desfavorable de todos.

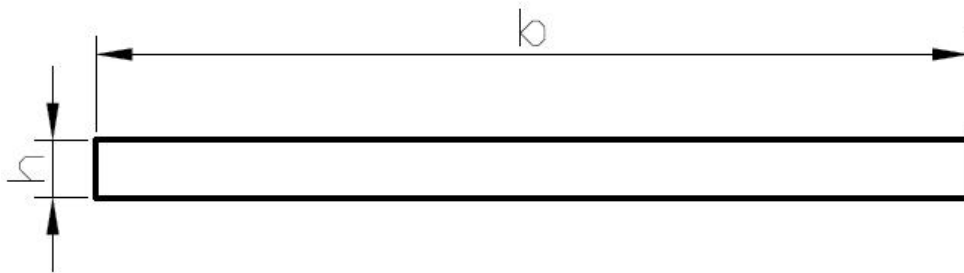
Estas patas solamente van a soportar un esfuerzo axial (tracción o compresión) ya que está articulada en sus dos extremos y no se le aplica ninguna fuerza a lo largo de su longitud. Dicho esfuerzo, en el caso más desfavorable, es de $N_x = 0'591 \text{ kN}$ de compresión.

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{591}{A} = 77'5 \text{ N / mm}^2 \Rightarrow A = 7'63 \text{ mm}^2$$

Se va a optar por dos pletinas unidas de ciertas dimensiones, las cuales podrían ser más pequeñas pero se ha elegido así para que se facilite la fabricación de la estructura, ya que el eje del empujador tiene que estar metido dentro de dicha pata con lo cual ésta tiene que ser lo suficientemente grande como para albergar a este eje. Además, se han elegido estas dimensiones para que el giro del eje sobre la parte inferior de la pata sea más fácil. Las pletinas se unirán con otras dos pletinas de las mismas dimensiones.

b (mm)	h (mm)	ρ (kg/m)	A (mm²)
100	15	4'2	1500

$$\sigma = \frac{N}{A} = 0'197 N / mm^2 < \sigma_{\max}$$



Cálculo de pandeo:

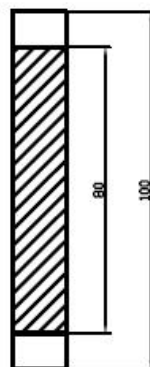
$$L_e = \beta \times L = 290mm$$

$$L = 526 + 54 = 580mm$$

$$\beta = 0'5$$

$$F_{CR} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2} = 234344N > N_{comp} \quad \rightarrow \text{NO PANDEO}$$

En la zona del eje del empujador, éste realizará una compresión sobre la superficie de la pata:



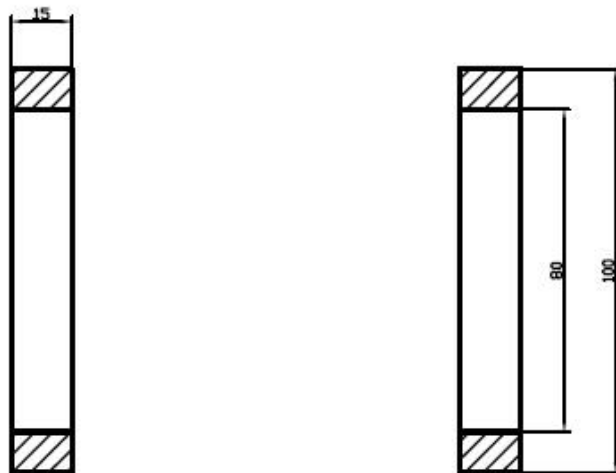
$$A = 2400 \text{ mm}^2 > A_{cr} = 7'63 \text{ mm}^2$$

Además de comprobar si el perfil con el que se va a fabricar la pata va a soportar el esfuerzo, también habrá que comprobar si el eje del empujador soporta los 0'591 kN a cizalladura:

$$\tau = \frac{N}{N^{\circ} \text{ planos} \times A} = 0'78 \text{ N/mm}^2 < \tau_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

La pata no solo va a estar sometida a compresión, sino que habrá ocasiones en las que estará sometida a tracción. Con lo cual, cuando se de el caso más desfavorable de tracción hay que comprobar que el perfil la soporta en su parte más comprometida que es en la zona en la que se aloja el eje del empujador. La máxima tracción se da cuando la placa forma alrededor de los 30° con la horizontal con un viento que incide en la cara inferior de la placa.

$$N_x = 0'468 \text{ kN} = 468 \text{ N}$$



$$A = 600 \text{ mm}^2$$

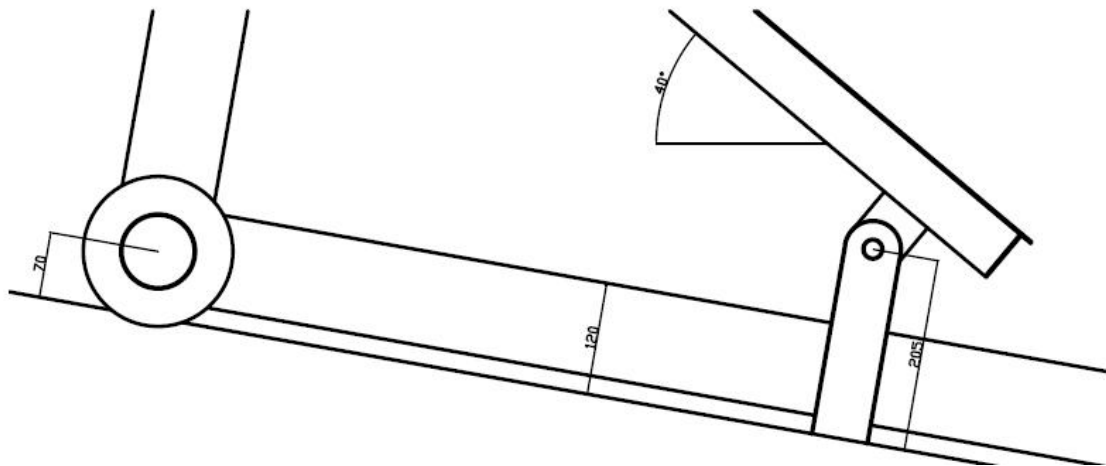
$$\sigma = \frac{N}{A} = 0'78 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

3.1.8.- DIMENSIONADO DEL APOYO FIJO

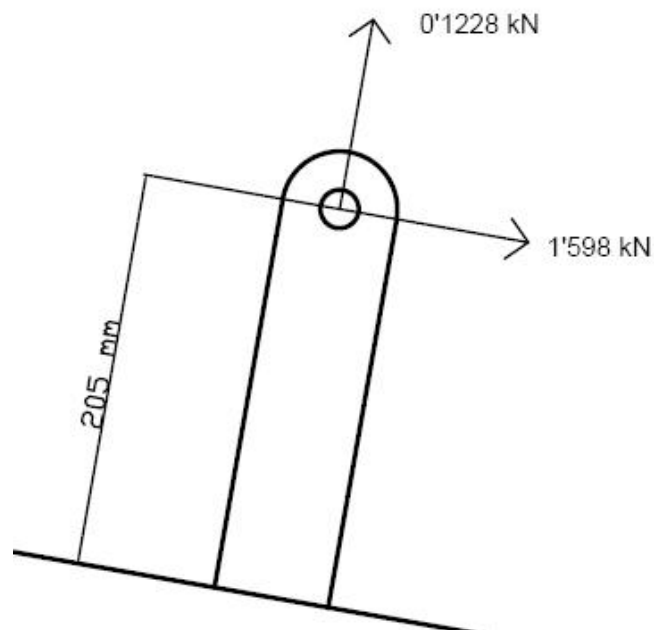
En primer lugar, hay que destacar que habrá que dimensionar tres cosas: los perfiles que se soldarán a la guía, el pasador con el que se ensamblará la unión y los perfiles que se soldarán al portaplacas. Para ello, hay que distinguir entre las fuerzas para el cálculo del dimensionado y entre las fuerzas para el cálculo de los perfiles que se soldarán a la guía y a los que se le soldarán al portaplacas.

PERFILES SOLDADOS A LA GUÍA

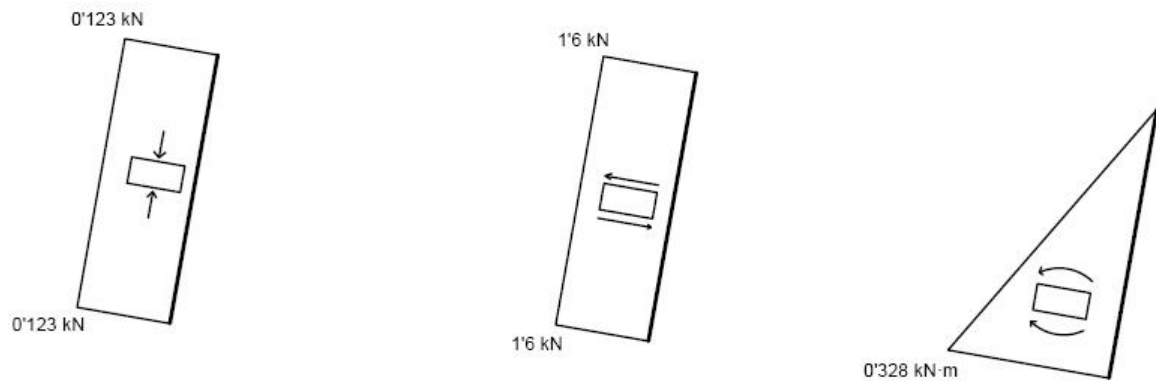
Estos perfiles van a ser de pletina y estarán soldados sobre la guía. Como se mostrará en la siguiente figura, dichas pletinas deberán tener una altura determinada para que las placas no puedan chocar contra el empujador. Ésta altura dependerá de las dimensiones de algunos elementos como por ejemplo: diámetro de la rueda en la que se apoyará la pata para desplazarse por la guía, altura del empujador... Sin embargo, todas esas dimensiones de las que depende no se conocen con exactitud, con lo cual se van a estimar aproximadamente para poder hacer un cálculo aproximado de las dimensiones de los perfiles. Se puede hacer esto con la exactitud de que aguantará debido al gran coeficiente de seguridad que se impone. Según el siguiente dibujo la altura a la que deberá estar el centro del agujero del apoyo será como mínimo de 205 mm:



El caso más desfavorable para estas pletinas es el caso en que el viento incide sobre la parte superior de la placa mientras ésta se encuentra con 10° de inclinación sobre la horizontal:



Con lo cual, quedan unos esfuerzos:



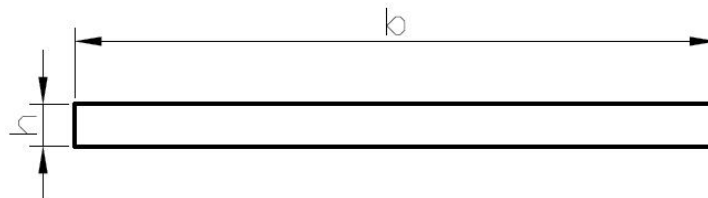
En este apoyo, se pondrán dos pletinas en lugar de una, con lo cual los esfuerzos que se acaban de calcular se dividirán entre dos pletinas:

$$\left. \begin{aligned} N &= 0'0615 \text{ kN} = 61'5 \text{ N} \\ M &= 0'164 \text{ kN} = 164 \text{ N} \\ \sigma &= \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = 77'5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \right\} w \approx 2'12 \text{ cm}^3$$

El perfil que cumple con dicho requisito es:

b (mm)	h (mm)	ρ (kg/m)	w (cm ³)	A (mm ²)
60	4	0'672	2'4	240

$$\sigma = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = 6'86 \text{ kN/cm}^2 < \sigma_{\max}$$



Para el cálculo de pandeo, el caso más desfavorable es el mismo que en el caso anterior. Así pues tiene que soportar una fuerza a compresión de 122'8 kN:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = 356'52$$

$$L_e = \beta \times L = 410mm$$

$$\beta = 2$$

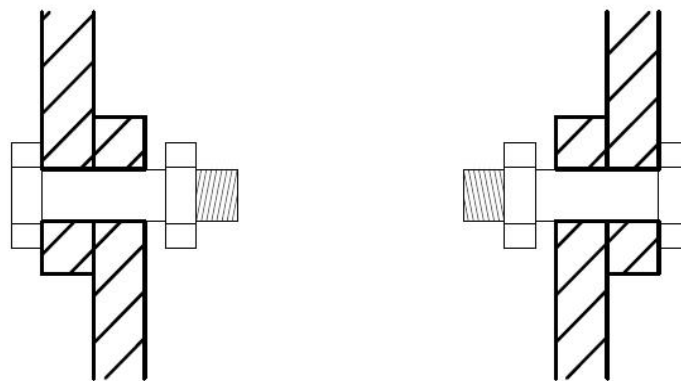
$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 1'15mm$$

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{\sigma_F}} = 67'24$$

$$\lambda > \lambda_{lim} \Rightarrow F_{CR} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{L_e^2} = 1333'95N \quad \rightarrow \text{NO PANDEO}$$

PASADOR

Para el dimensionado del pasador no hay que tener en cuenta las fuerzas descompuestas sino que hay que tomarlas como fuerzas absolutas. Si se hace así, la máxima fuerza absoluta que puede soportar el pasador es cuando la placa se encuentra a 10° y el viento incide en la parte superior de la placa, y su valor es de 1'6027 kN.

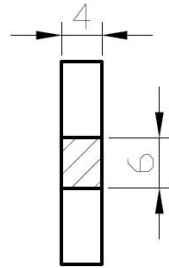


$$\tau = \frac{N}{N^\circ \text{ planos} \times A} = 77'5 N / mm^2 \Rightarrow A = 20'68 mm^2 \Rightarrow D = 5'13 mm$$

$$\mathbf{D = 6 mm}$$

Una vez dimensionado el pasador, hay que comprobar que las pletinas aguantan por aplastamiento a dicho pasador. Como son dos pletinas, se reduce la fuerza a la mitad:

$$F = 0'80135 \text{ kN}$$

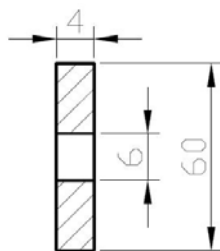


$$A = 24 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 33'4 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

Además hay que comprobar que aguantan por tracción en el caso de que la polaca esta a unos 40° de la horizontal con el viento incidiendo en la parte superior, ya que es el caso más desfavorable de tracción para el punto la pletina en el que está alojado el pasador. El caso más desfavorable es el que el viento incide en la parte superior debido a que la pata realiza una fuerza muy grande y hace que el apoyo fijo tenga que soportar parte de esa fuerza:

$$F = 0'0649 \text{ kN}$$



$$A = 216 \text{ mm}^2$$

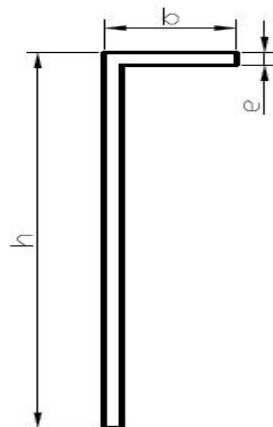
$$\sigma = \frac{F}{A} = 0'3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

OREJETAS DEL PORTAPLACAS

Se utilizará perfil en ángulo de lados desiguales y el lado largo será el que aloje al pasador, con lo cual dicho lado largo medirá más de 112 mm. Se utiliza este perfil para facilitar la fabricación del portaplacas.

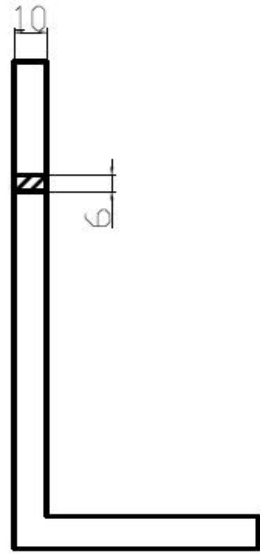
El perfil que cumpliría con los requisitos sería el de 120x20x2 mm pero se ha estimado que la distancia desde el agujero hasta que termina el perfil es muy pequeña, con lo cual se ha cogido el siguiente perfil más grande. No se han hecho los cálculos con los esfuerzos que provocan momentos flectores porque se ha considerado que el perfil es muy grande y con mucha resistencia. Con lo cual, quedaría el siguiente perfil:

h (mm)	b (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	w (cm³)
150	75	10	6'095	52'441



Hay que comprobar que los perfiles aguantan por aplastamiento, para ello se toma como el caso más desfavorable cuando la placa está a 10° y el viento incide en la parte superior de la placa. La fuerza que se tiene en cuenta para éste cálculo es la fuerza absoluta que se da en dicho caso desfavorable. Hay que tener en cuenta que los esfuerzos se soportarán entre dos perfiles, con lo cual para calcular uno de ellos habrá que dividir el esfuerzo entre dos.

$$F = 0'8014 \text{ kN}$$



$$A = 60 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 13'36 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

Habría que comprobar que el perfil no rompe a tracción, pero se va a considerar que las fuerzas de tracción que soporta son insignificantes en comparación con el área que debe soportar esas fuerzas.

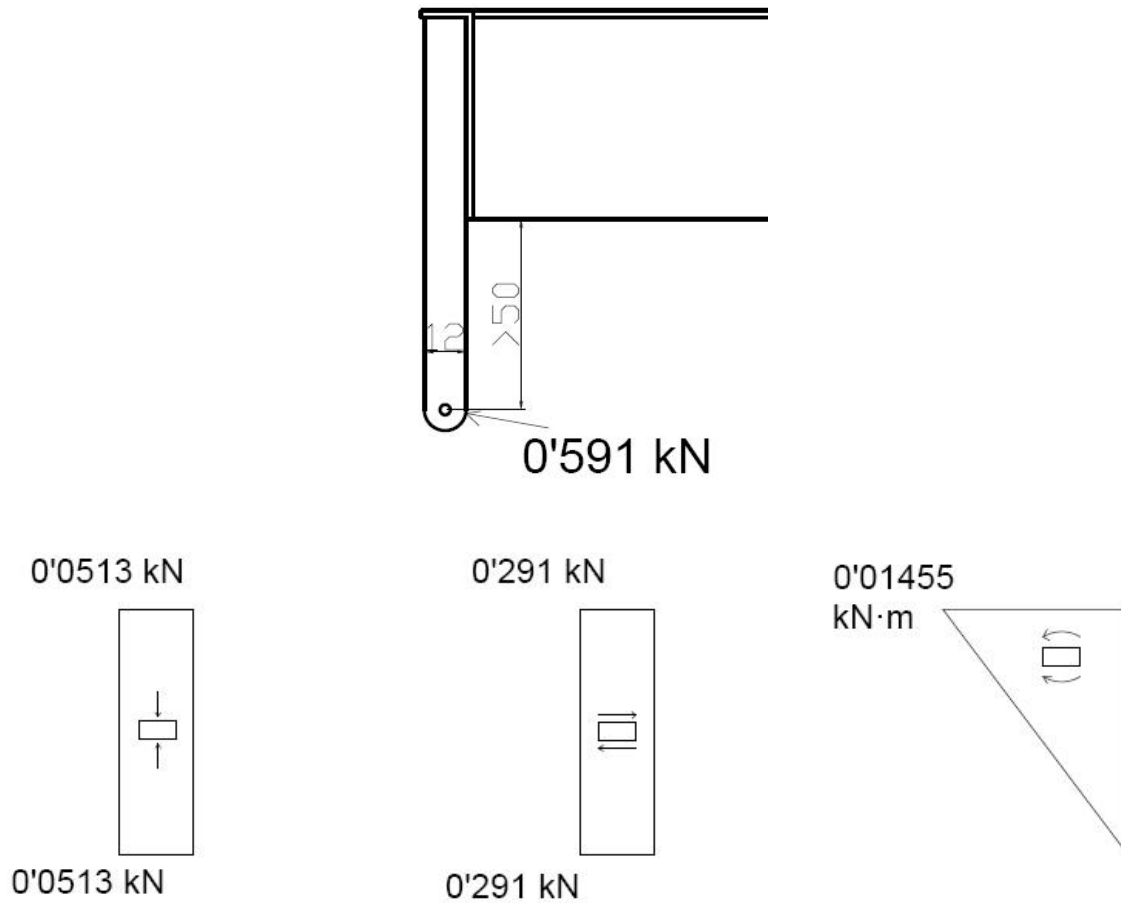
Además, también habría que comprobar si tiene o no pandeo, pero en este caso se va a considerar que las longitudes y las fuerzas son lo suficientemente pequeñas como para que se produzca.

3.1.9.- DIMENSIONADO DEL APOYO MÓVIL

OREJETAS DEL PORTAPLACAS

Se va a utilizar, si es posible, una pletina cuya arista más larga tenga una longitud de 12 mm. Se hace así para que la pletina no sobresalga de la placa.

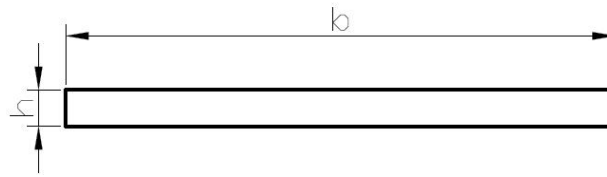
El caso más desfavorable para este apoyo es cuando la placa está con una inclinación de 10° con el viento inciéndole en la cara superior. Como hay dos orejetas, la fuerza se dividirá para dos:



$$\begin{aligned}
 N &= 0'0513 \text{ kN} = 51'3 \text{ N} \\
 M &= 0'01455 \text{ kN}\cdot\text{m} = 14550 \text{ N}\cdot\text{mm} \\
 \sigma &= \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = 77'5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} N \\ M \\ \sigma \end{aligned}} \right\} w \approx 0'187 \text{ cm}^3$$

La pletina que cumple con dicho requisito es:

b (mm)	h (mm)	ρ (kg/m)	w (cm ³)	A (mm ²)
12	8	0'269	0'192	96



Cálculo a pandeo:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = 43'48$$

$$L_e = \beta \times L = 100mm$$

$$\beta = 2$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = 2'3mm$$

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{\sigma_F}} = 67'24$$

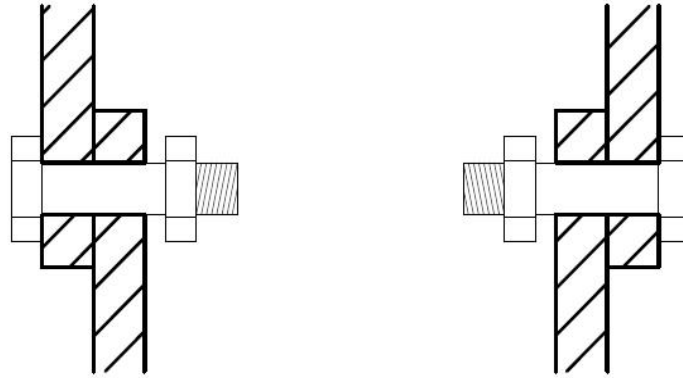
$$\lambda < \lambda_{lim} \Rightarrow F_{CR} = A \times \sigma_F \times \left(1 - \frac{\sigma_F \times \lambda^2}{4 \times \pi^2 \times E} \right) = 23538N$$

El caso más extremo de compresión al que está sometido es cuando la placa está a 40° de la horizontal que soporta una compresión de $N = 0'2936$ Kn.

$$N < N_{cr} \rightarrow \text{NO PANDEO}$$

PASADOR

El caso más desfavorable para el pasador es en el que la placa se encuentra a 10° de la horizontal con un viento que incide en la parte superior de la placa. La fuerza que soporta es de 0'591 kN.

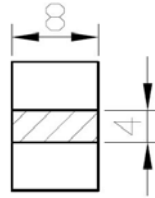


$$\tau = \frac{N}{N^{\circ} \text{ planos} \times A} = 77'5 N / mm^2 \Rightarrow A = 7'63 mm^2 \Rightarrow D = 3'12 mm$$

$$D = 4 mm$$

Comprobación de que las pletinas y el tubo de la pata aguantan por aplastamiento:

- Pletinas:

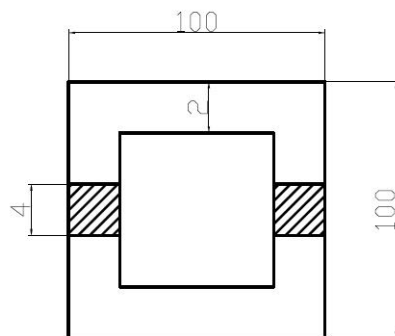


$$A = 32 mm^2$$

$$F = 0'592 / 2 = 0'296 kN$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 9'25 N / mm^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

- Patas:



$$A = 16 mm^2$$

$$F = 0'592 \text{ Kn}$$

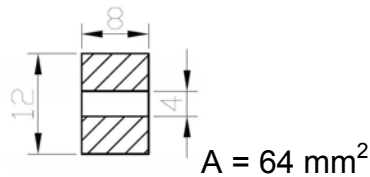
$$\sigma = \frac{F}{A} = 37 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow$$

→ LO SOPORTA

Comprobación de que tanto las patas como las pletinas aguantan a tracción:

- Pletina: El caso más desfavorable en que la pletina se va a someter a la mayor tracción es el caso en el que la placa se encuentra a 40° sobre la horizontal y el viento incide en la parte inferior de la placa. Al ser dos pletinas las que aguantan la fuerza, se divide para dos:

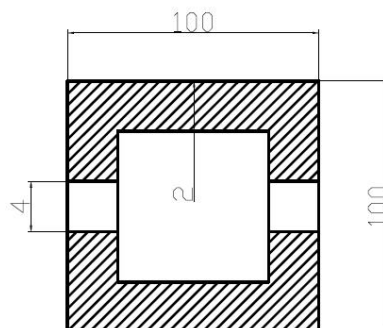
$$F = 0'1375 \text{ kN}$$



$$\sigma = \frac{F}{A} = 2'15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

- Pata: El caso más desfavorable de tracción para las patas es en el que la placa está a unos 20° y con el viento incidiendo en la parte inferior de la placa.

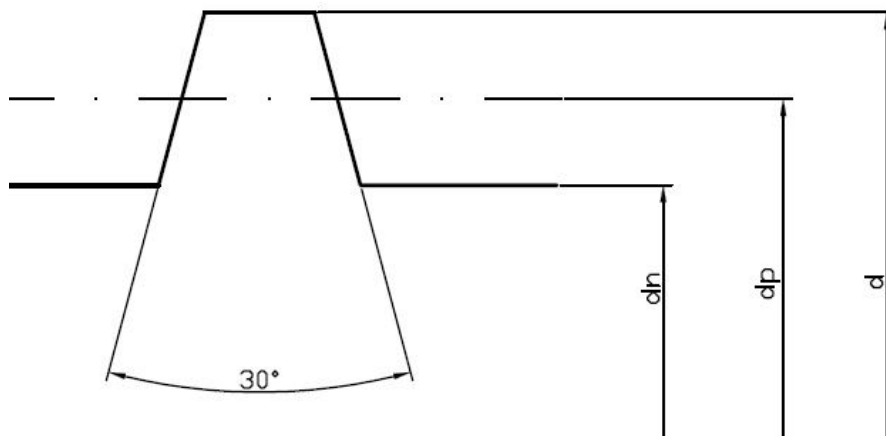
$$F = 0'468 \text{ kN}$$



$$\sigma = \frac{F}{A} = 0'609 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

3.1.10.- DIMENSIONADO DEL HUSILLO, TUERCA, RODAMIENTOS Y MOTOR

Se va a utilizar un husillo de rosca trapezoidal debido a que es la rosca más común de todas y facilitará la elección y compra del éste. Así pues, según la norma DIN 103 se tienen los siguientes husillos normalizados:



HUSILLOS ROSCA TRAPEZIAL			
Diámetro exterior (mm) d	Paso (mm) p	Diámetro núcleo (mm) d_n	Diámetro primitivo (mm) d_p
10	3	6'5	8'5
12	3	8'5	10'5
14	4	9'5	12
16	4	11'5	14
18	4	13'5	16
20	4	15'5	18
22	5	16'5	19'5
24	5	18'5	21'5
26	5	20'5	23'5
28	5	22'5	25'5
30	6	23'5	27

32	6	25'5	29
36	6	29'5	33
40	7	32'5	36'5
44	7	36'5	40'5
48	8	39'5	44
50	8	41'5	46
52	8	43'5	48
55	9	45'5	50'5
60	9	50'5	55'5
65	10	54'5	60
70	10	59'5	65

Se comienza calculando la resistencia del núcleo del husillo. Para ello hay que destacar que no estará sometido a ninguna fuerza de torsión ni a ningún momento flector, sino que simplemente actuará como elemento de aproximación o retención de la carga pudiéndose suponer que solamente estará sometido a compresión o tracción. Para el dimensionado, se va a tomar como fuerza axial la del mismo caso que en el dimensionado del empujador en el que al empujador se le sometía a una fuerza axial de 1'64 kN por cada fila de placas, como son 4 filas de placas esa fuerza habrá que multiplicarla por 4. Así pues, la fuerza que deberá soportar el husillo será: $F_T = 4'656 \text{ kN}$.

$$\sigma = \frac{4 \times F}{\pi \times d_n^2} \leq \sigma_{\max} \Rightarrow d_n = 8'74 \text{ mm}$$

F = Carga axial sobre el husillo

σ = tensión que soporta el núcleo

d_n = diámetro del núcleo del husillo

El husillo normalizado con diámetro del núcleo inmediatamente superior al que nos ha salido es:

$d = 14 \text{ mm}$

$p = 4 \text{ mm}$

$d_n = 9'5 \text{ mm}$

$d_p = 12 \text{ mm}$

Una vez elegido el husillo normalizado que cumple con las tensiones del núcleo, se procede a comprobar que éste cumple con las tensiones en la rosca:

- A cortadura:

$$\tau = \frac{F}{\pi \times d_n \times b \times z} \leq \tau_{\max} \Rightarrow z = 0'86 \text{ dientes} \rightarrow \mathbf{Z = 1 \text{ diente}}$$

$$b = \frac{p}{2} + 2 \times (d - d_n) \times \tan 15 = 4'41 \text{ mm}$$

b = anchura del filete en su base

z = número de filetes de rosca necesarios

$$B = z \times p = 4 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{B = 4 \text{ mm}}$$

B = anchura de la tuerca

- A flexión: puede considerarse que la carga total repartida por todo el flanco del filete actúa como una carga puntual sobre la altura media de dicho filete. Suponiendo esto, la fórmula para saber si lo soporta o no queda:

$$\sigma = \frac{F \times \frac{h}{2}}{\frac{\pi \times d_n \times b^2 \times z}{6}} = 108'29 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{\max} \rightarrow \mathbf{NO \text{ LO SOPORTA}}$$

h = altura del diente

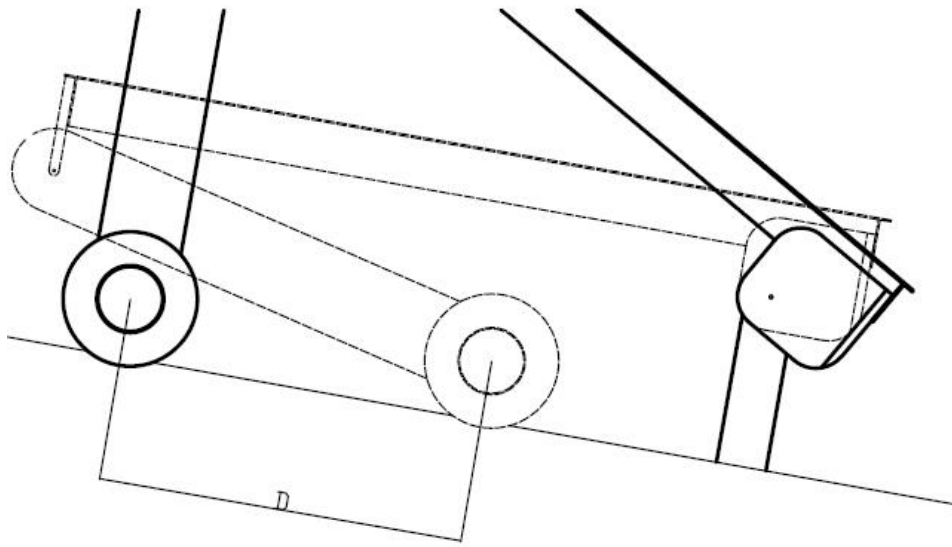
$$\sigma = \frac{F \times \frac{h}{2}}{\frac{\pi \times d_n \times b^2 \times z}{6}} \leq 77'5 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow z = 1'4 \text{ dientes} \rightarrow \mathbf{Z = 2 \text{ dientes}}$$

$$B = z \times p = 8 \text{ mm}$$

- A desgaste: si el mecanismo se fuera a estar continuamente moviendo habría que hacer los cálculos necesarios para que no se produjera un desgaste excesivo de los filetes, pero como este mecanismo a penas se moverá a lo largo del tiempo no hace falta hacer dichos cálculos.

Una vez realizado estos cálculos, hay que averiguar también cuál será la longitud aproximada del husillo. Esta longitud es aproximadamente el recorrido

que tiene que hacer el empujador para cambiar la posición de las placas desde 10° hasta 40°:



$$D = 437 \text{ mm} \rightarrow \text{Long} = 500 \text{ mm}$$

Con todo lo calculado, el husillo elegido es:

RPTS Tr 14x3:

$$d = 14 \text{ mm}$$

$$p = 4 \text{ mm}$$

$$d_n = 9'5 \text{ mm}$$

$$d_p = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud} = 500 \text{ mm}$$

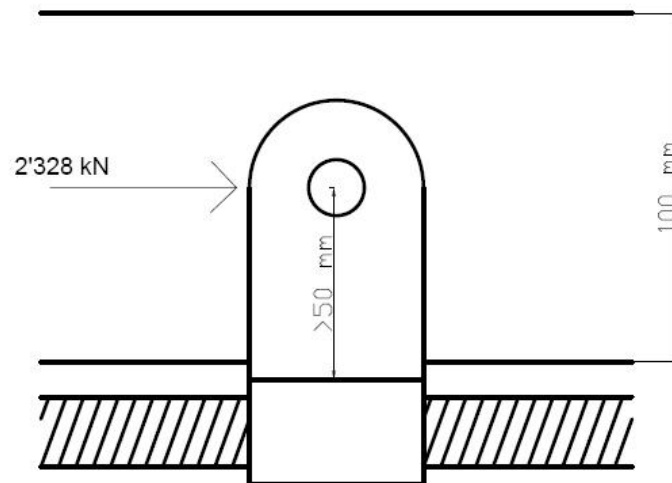
$$\text{Peso} = 0'52 \text{ kg}$$

OREJETAS PARA UNIR LA TUERCA AL EMPUJADOR

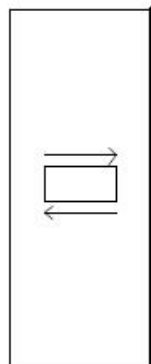
La separación entre ambas deberá ser de 100 mm y la altura a la que se coloque el agujero que albergará el pasador deberá estar como mínimo a 50 mm de altura. Esto se debe a que el empujador es un perfil de 100 mm de alto por 100 mm de ancho.

Las orejetas solamente recibirán una fuerza cortante, la cual es la misma que tendrá que soportar el tornillo sin-fin, es decir, una fuerza de 4'656 kN. Sin embargo, al haber dos orejetas, la fuerza se tiene que dividir para dos y así se podrá dimensionar una de ellas. Con lo cual:

$$F = 2'328 \text{ kN}$$



2'328 kN



2'328 kN

0'1164 kN·m



$$M = 0'1164 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma = \frac{M}{w} = 77'5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$w \approx 1'5 \text{ cm}^3$$

La pletina que cumple dicho requisito es:

b (mm)	h (mm)	ρ (kg/m)	w (cm³)	A (mm²)
30	10	0'84	1'5	300



Al ser las orejetas de 30x10mm, el ancho “B” de la tuerca ya no podrá ser 4, sino que tendrá que ser como mínimo de 30 también. Por ello, la tuerca elegida es:

SKM Tr 20x4

B = 30 mm

Altura = 30 mm

d = 20 mm

Peso = 0'17 kg

Para poder tener esta tuerca hace falta poner un husillo mayor, con lo cual el husillo será:

RPTS Tr 20x4

d = 20 mm

p = 4 mm

d_n = 15'5 mm

d_p = 18 mm

Longitud = 500 mm

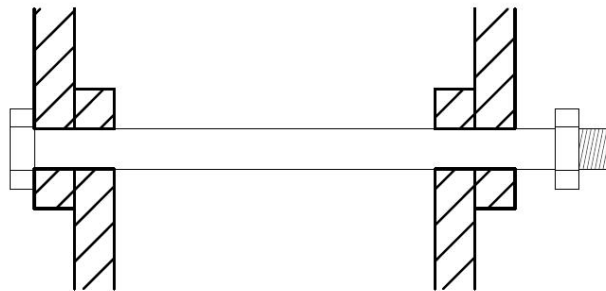
Peso = 1 kg

Las orejetas no se pueden soldar directamente sobre la tuerca ya que ésta no tiene la anchura suficiente para que las orejetas puedan ser unidas al empujador. Así pues, las orejetas irán soldadas sobre una placa de aluminio con las dimensiones necesarias, y ésta placa irá atornillada con 2 tornillos de

métrica 6 sobre la tuerca en unos agujeros roscados habilitados para tales funciones.

PASADOR

La fuerza que se ejerce sobre el pasador es de 4'656 kN.



$$\tau = \frac{N}{N^{\circ} \text{ planos} \times A} = 77'5 \text{ N} / \text{mm}^2 \Rightarrow A = 30'04 \text{ mm}^2 \Rightarrow D = 6'18 \text{ mm}$$

$$\mathbf{D = 7 \text{ mm}}$$

Una vez dimensionado el pasador, hay que comprobar que las pletinas aguantan por aplastamiento a dicho pasador. Como son dos pletinas, se reduce la fuerza a la mitad:

$$F = 2'328 \text{ kN}$$

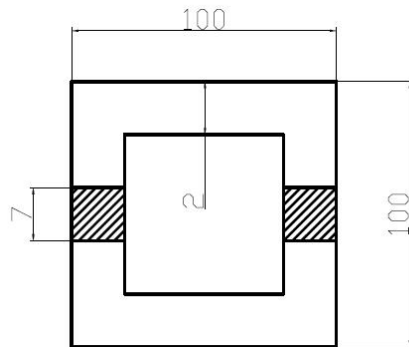


$$A = 70 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 33'26 N / mm^2 < \sigma_{\max} \rightarrow \text{LO SOPORTA}$$

Además, hay que comprobar también que el empujador soporta por aplastamiento al pasador:

$$F = 4'656 \text{ kN}$$



$$A = 28 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = 166'29 N / mm^2 > \sigma_{\max} \rightarrow \text{NO LO SOPORTA} \rightarrow A = 60 \text{ mm}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow D = 8'75 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{D = 9 \text{ mm}}$$

Como en los casos en los que el pasador era menor si que podía soportar los esfuerzos tanto el tornillo como las pletinas como el tubo cuadrado, en este caso todavía aguantará mas.

MOTOR NECESARIO

La tuerca que se le pondrá al husillo será de bronce ya que con el acero inoxidable del husillo su coeficiente de fricción es bajo. Así pues, su coeficiente de fricción es $f = 0'13$. Para calcular el par necesario que tendrá que hacer el motor se hará con la siguiente fórmula:

$$M_a = Q \times r \times \text{tg}(\alpha + \varphi') = 7'95 \text{ kN} \cdot \text{mm} = 7'95 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$Q = \text{Fuerza a soportar} \rightarrow Q = 4'656 \text{ kN}$$

$$r = \text{Radio exterior del tornillo} \rightarrow r = 7 \text{ mm}$$

$$\alpha = \operatorname{tg} \left(\frac{P}{2 \times \pi \times r_p} \right) = 6'05''$$

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\cos \beta} = 0'135$$

$$\operatorname{tg} \varphi = f = 0'13$$

$$\beta = 15^\circ$$

No es necesaria ninguna velocidad del motor, con lo cual la única característica que se requiere es que tenga un par de **$M_a = 7'95 \text{ N}\cdot\text{m}$** .

Teniendo en cuenta el par que necesita, y sabiendo que el motor debe de ser de corriente continua debido a que se alimentará gracias a la energía recibida en la placa, el motor elegido será:

Motorreductor G42x40 / PLG 42 S dunkermotoren 12V/0256

Par = 9'5 N·m

Velocidad = 15 rpm

Peso = 830 g

APOYOS DE EMPUJE

Los apoyos de empuje constarán de dos rodamientos, uno a cada lado del husillo que ayudarán a girar con el mínimo de rozamiento a dicho husillo y además ayudarán a que el motor no soporte ningún esfuerzo. Dichos apoyos deberán soportar entre los dos una fuerza de $F = 4'656 \text{ kN}$. Los rodamientos irán ya acoplados en su correspondiente apoyo.

7202 BECBP

Carga dinámica = 9'5 kN

Carga estática = 5'1 kN

d = 15 mm

D = 35 mm

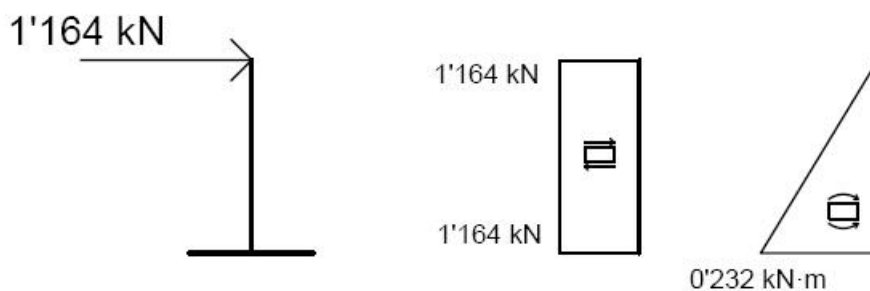
Espesor = 20 mm

Peso = 0'055 kg

3.1.11.- DIMENSIONADO DEL SOPORTE DEL GRUPO MOTOR

En este caso simplemente habrá que calcular los perfiles de las patas a colocar, las dimensiones de la pletina en la que irán colocados y la altura de las patas.

Para el dimensionado de las patas hay que saber que la fuerza que tienen que soportar las patas del soporte es de 4'656 kN, pero como la fuerza se soporta entre 4 patas la fuerza que soporta cada una es de 1'164 kN. Cada pata tiene una altura de 199 mm.



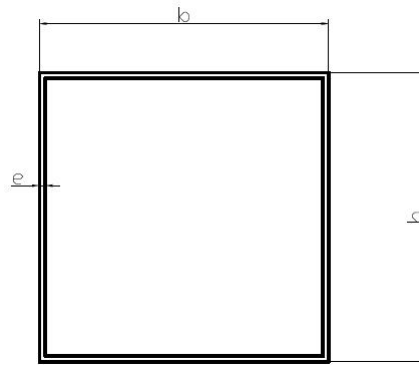
$$M = 0'232 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma = \frac{M}{w} = 77'5 \text{ N/mm}^2$$

$$w \approx 2'99 \text{ cm}^3$$

El perfil cuadrado elegido para las patas del soporte es:

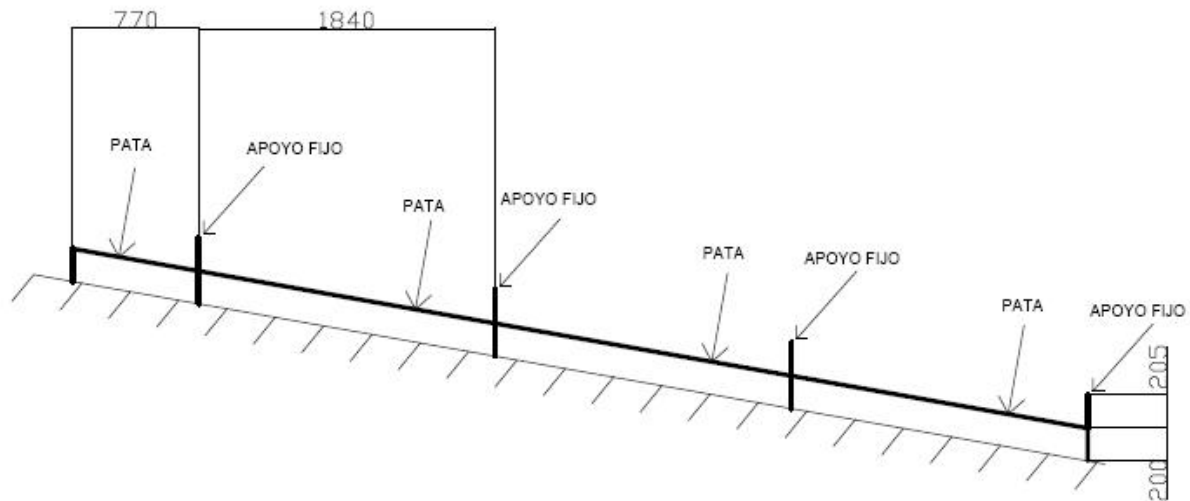
b (mm)	h (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	w (cm ³)
45	45	1'5	0'739	3'663



Habría que comprobar que las patas soportan tanto a pandeo como a compresión, pero el peso de los componentes del grupo motor es muy pequeño, con lo cual se puede asegurar que las patas lo soportarán.

3.1.12.- DIMENSIONADO DE LAS GUÍAS

En primer lugar, vamos a suponer que las patas de las guías van a tener una altura de 200 mm para que se puedan colocar correctamente el motor con su tornillo sin-fin... Las guías van a estar sometidas a las fuerzas del apoyo móvil y a las fuerzas del apoyo fijo. Para esta parte de la estructura se puede deducir que los casos más desfavorables son los que el viento incide en la parte superior de la placa, ya que en el otro caso la pata trabaja a tracción y además solamente está apoyada en la guía, con lo cual no le aplica ningún esfuerzo a ésta. Así pues, los casos más extremos van a ser cuando la placa esté a 40° y cuando esté a 10° sobre la horizontal. Los máximos esfuerzos en la guía en estos dos casos serán:



- Cuando la placa está a 40° y el viento incide en la parte superior, la parte más desfavorable queda:

$$M = 0'261 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N = 0'0413 \text{ kN}$$

- Cuando la placa está a 10° y el viento incide en la parte superior, la parte más desfavorable queda:

$$M = 0'382 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N = 0'279 \text{ kN}$$

Como vemos, el caso más desfavorable es el de 10° :

$$N = 0'279 \text{ kN} = 279 \text{ N}$$

$$M = 0'382 \text{ kN}\cdot\text{m} = 382000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

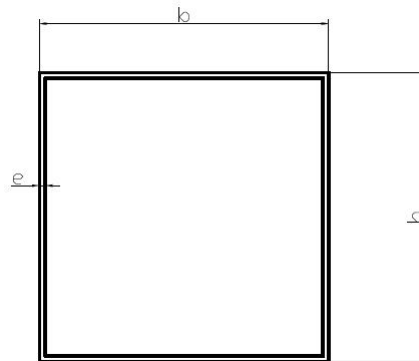
$$\sigma = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{w} = 77'5 \text{ N/mm}^2$$

$$w \approx 4'929 \text{ cm}^3$$

Se va a elegir un perfil cuadrado para facilitar la fabricación. El perfil cuadrado que cumple con los requisitos es:

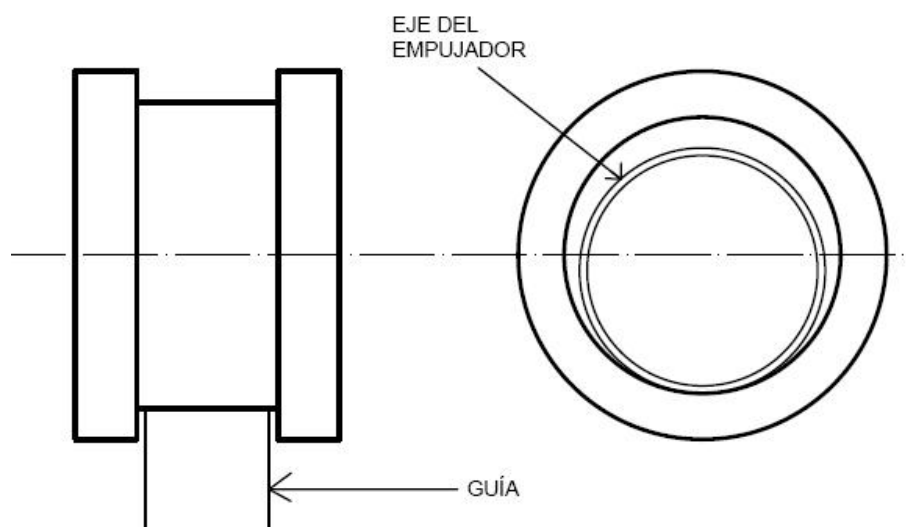
b (mm)	h (mm)	e (mm)	ρ (kg/m)	A (mm ²)
40	40	3	1'259	444

$$\sigma = \frac{Nx}{A} + \frac{Mz}{w} = 75'54N/cm^2 < \sigma_{\max}$$



3.1.13.- DIMENSIONADO DE LAS RUEDAS

Las ruedas van a ser tubos circulares de aluminio mecanizados. No van a ser ruedas con rodamientos, sino que entre el agujero interior de la rueda y el perímetro del eje del empujador habrá una gran holgura para que cuando el eje se desplace, la rueda deslice sobre él. También será necesario que en las ruedas haya un pequeño saliente en los laterales para que no se salgan de la guía.



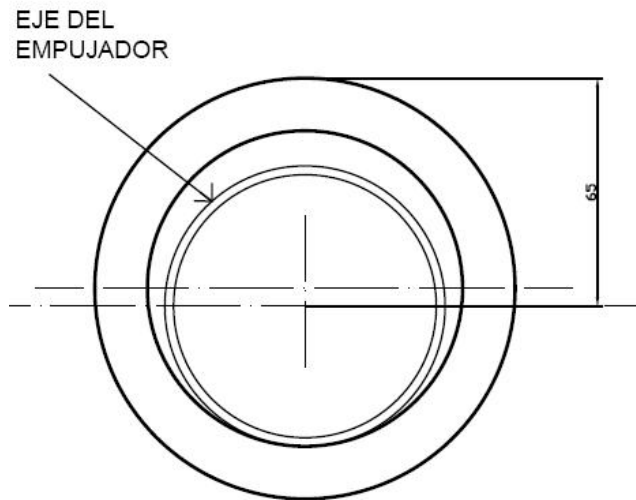
En este caso, se van a hacer cálculos geométricos en vez de cálculos de esfuerzos ya que los esfuerzos que soporta se absorben con un área bastante grande, con lo cual no debería de haber problemas. Por ello, hay que tener en cuenta:

- Diámetro del eje del empujador → 80 mm
- Anchura de la guía → 40 mm
- Anchura interior de la pata → 96 mm

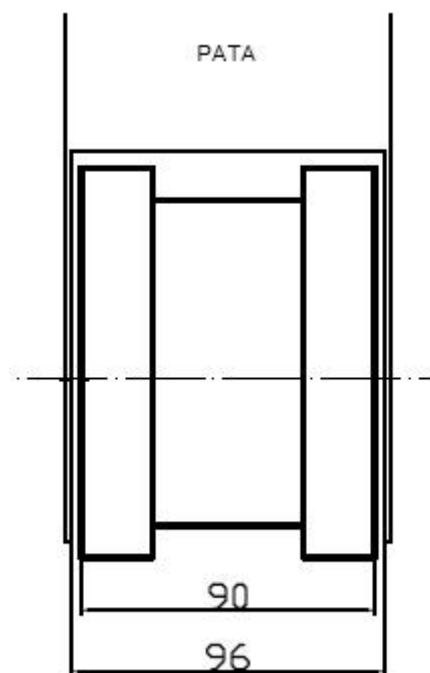
Así pues, si la rueda no esta ajustada con el eje, sino que habrá una gran holgura, se ha estimado que el diámetro interior de la rueda sea de **90 mm**.

Además, los salientes de la rueda tampoco tendrán que estar ajustados a la guía, sino que también tendrán que tener bastante holgura, con lo cual se ha creído adecuado que la distancia entre estos salientes sea de unos **46 mm**.

También hay que tener en cuenta que esos salientes no sean demasiado grandes porque cuanto mas grandes sean, más habrá que recortarle a la pata, ya que las ruedas van a ir entre las paredes de las patas. Por ello, se ha creído suficiente que el diámetro máximo del tubo con el que se van a hacer las ruedas sea de **120 mm**. Así, tan solo habría que recortar 15 mm más que para la rueda sin saliente, es decir, 65 frente a los 50 que serían con una rueda normal.



Y por último, la anchura exterior máxima que puede tener la rueda es de 96 mm, ya que es la anchura interior que tendrá la pata. Por ello, y para que haya cierta holgura, la anchura exterior de la rueda será de 90 mm.



3.2.- DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO

En este punto se va a explicar detalladamente en que consiste cada una de las partes del conjunto, qué función y qué peculiaridades tienen. Además se explicará como funciona el conjunto en general y cada una de las partes en concreto.

Aquí también se va a detallar las acciones de mantenimiento y protección que hay que realizarle al conjunto.

Y, por último, van a explicarse las ventajas y peculiaridades que tiene este conjunto en comparación con otros diseños.

3.2.1.- FUNCIONAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO

Se ha diseñado un seguidor solar de un eje apropiado para instalar en cubiertas. Está preparado para mover hasta 8 placas a la vez siguiendo el movimiento estacional del sol. Las 8 placas están distribuidas en 4 filas con dos placas cada una.

Del diseño se puede destacar lo siguiente:

- Muy ligero, apto para cubiertas.
- Resistente a las condiciones meteorológicas.
- Requiere de muy poco mantenimiento.
- Puede ser instalado fácilmente por los clientes.
- Es un diseño ecológico, ya que las placas DSSC no son contaminantes.
- El diseño es flexible, es decir, se pueden cambiar parámetros como la inclinación de la cubierta en la que se instala, el número de placas que se pondrán se puede disminuir...

Se pueden distinguir varias partes significativas del conjunto:

- Portaplacas.
- Sistema de accionamiento.
- Mecanismo de giro.
- Anclaje.

PORTAPLACAS

Es el elemento encargado de unir a la placa fotovoltaica con el resto del conjunto.

Su diseño está basado en dos perfiles en “L” de 2 metros (superior e inferior) y otro perfil también en “L” de 0’97 metros que une a los dos anteriores. Además, posee 4 “orejetas”, dos superiores y dos inferiores. Las inferiores son las encargadas de unir al portaplacas con el apoyo fijo, es decir, con el eje sobre el que girará la placa. Y las superiores se encargan de unirlo con el apoyo móvil, es decir, con las patas que empujarán al portaplacas para que éste gire. Todos los elementos que componen al portaplacas serán de aluminio.

La fabricación del portaplacas se realizará primero mediante el corte y mecanización de todas las piezas a las medidas necesarias, y segundo mediante el soldeo de todas las partes.

La unión entre el portaplacas y la placa fotovoltaica se realizará mediante 6 tornillos de acero inoxidable que se atornillarán la mitad en el perfil de 2 metros superior y la otra mitad en el inferior. Los tornillos serán de métrica 6 con tuerca.

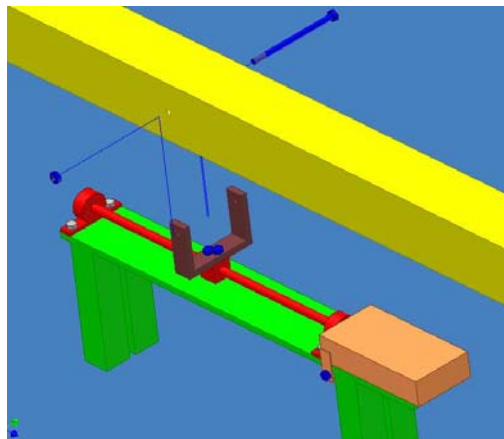
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

El sistema de accionamiento se compone de un motor, controlado por un sistema electrónico. El motor acciona a un husillo y éste, a su vez, al girar hace que se deslice linealmente una tuerca.

En la tuerca hay incorporadas dos pletinas que mediante un tornillo de acero inoxidable se unen al empujador.

Además, el husillo estará apoyado en dos rodamientos que soportarán los esfuerzos axiales transmitidos por el empujador. Estos apoyos sirven para impedir que dichas fuerzas axiales se transfieran al motor, así éste solo tendrá que realizar el par necesario para el giro del husillo.

A su vez, habrá un soporte para apoyar tanto al motor como al husillo. Éste servirá para poder anclar estos elementos a la cubierta y también para elevarlos impidiendo así que les entre el agua de la lluvia cuando caiga por la cubierta. Además, el motor irá alojado en una carcasa para evitar que le entre agua.

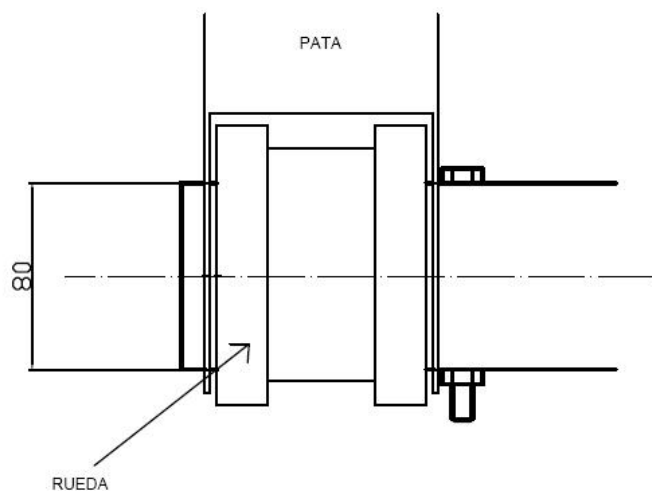


Para transmitir el movimiento de la tuerca unida al husillo al resto del conjunto será necesario un elemento denominado empujador que desplazará simultáneamente todas las partes móviles. Los ejes del empujador irán como un pasador dentro del tubo cuadrado sin ningún tipo de ajuste ni tope para que no se muevan, irán encajados en un casquillo que facilitará el giro entre el eje y el empujador.

El anclaje del empujador a la tuerca del husillo se hará en el centro de dicho empujador. De esta forma se consigue que los esfuerzos de toda la estructura se repartan la mitad para cada lado de éste, además se consigue así

un mecanismo que impide el levantamiento de las placas, con la consecuencia de que las ruedas se salgan de las guías, ya que las ruedas traseras impedirán que se levanten las delanteras y viceversa.

Los topes de los ejes del empujador se colocarán uno al lado de una de las patas y el otro al lado del casquillo impidiendo así que se desplace tanto el casquillo como el eje del empujador, el tope constará de un tornillo de métrica 9 que atravesará el diámetro del eje. Dicho tornillo deberá ser de más de 80 mm de longitud.

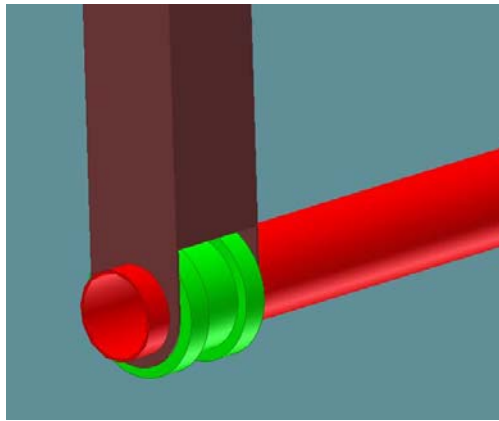


Tanto los ejes del empujador como el empujador serán de aluminio.

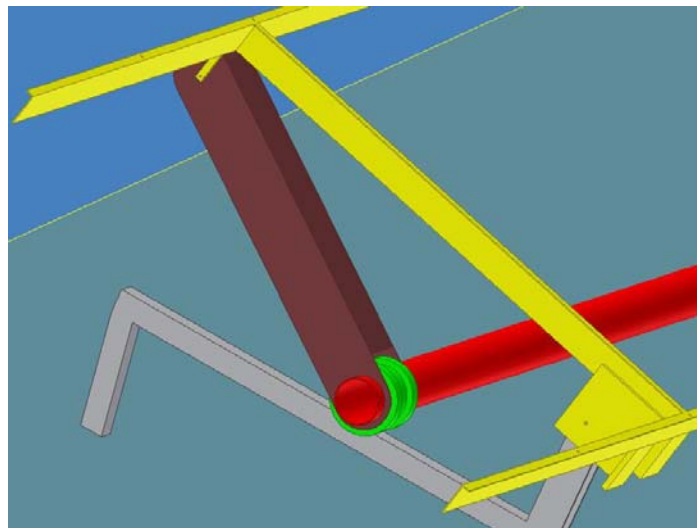
MECANISMO DE GIRO

El movimiento lineal del eje del empujador se transforma en un movimiento circular a través de un mecanismo formado por: apoyo fijo, rueda, guía y pata. También todos ellos serán de aluminio.

El eje del empujador está unido a la vez a la rueda y a la parte inferior de la pata. A su vez, la rueda se encuentra entre las paredes de la pata, lo que hace que no se pueda mover a lo largo del eje. Dicha rueda va montada con holgura.



La función de la rueda es que la parte inferior de la pata lleve un movimiento paralelo a la guía. Una vez que se consigue ese movimiento de la parte inferior de la pata, se consigue también que ésta gire aumentando la altura de su parte superior que está unida al portaplacas mediante dos tornillos de acero inoxidable, consiguiendo así que la placa gire ya que la otra parte de sujeción del portaplacas está fija en un eje, debido a que está unido mediante dos tornillos de acero inoxidable a dos pletinas que sobresalen de la guía.



ANCLAJE

El anclaje de todo el sistema a la cubierta se realizará a través de las patas de las guías en las que, además de estar apoyada la rueda, también se

unirá la parte inferior del portaplacas. Para anclar el motor con el tornillo sin-fin y sus rodamientos se hará a través del soporte en el que estarán apoyados.

Según el tipo de cubierta de la que estemos hablando se podrán utilizar distintos métodos de anclaje como pernos, anclaje de tornillo pasante con tuerca...

3.2.2.- PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para proteger el sistema frente a la acción del viento, las placas se mueven para colocarse paralelas a la superficie en la que se encuentran cuando soplan vientos iguales o superiores a unos 105 km/h.

La carga de la nieve la soportaría sin problemas ya que al estar las placas inclinadas se caerá.

Para soportar el granizo, los cristales de las placas han de ser lo suficientemente resistentes frente a impactos.

El motor se protege de la humedad y la lluvia mediante una carcasa, aunque también se coloca el soporte que ayuda a elevarlo unos centímetros de la cubierta impidiendo que el agua llegue a cubrir alguna de sus partes eléctricas.

Por último, decir que todos los elementos del conjunto son resistentes a la corrosión, bien porque sean de acero inoxidable o bien porque sean de aluminio.

3.3.- ESTUDIO DE MERCADO

En el sector de la energía solar se puede encontrar una gran competencia. Debido a ello, las empresas tienen que esforzarse cada vez más en ofrecer productos con características que otras empresas no ofrecen, es decir, necesitan ser innovadoras. Según el emplazamiento y el uso que se le vaya a dar a la instalación, hay que prestar especial atención a unos aspectos u otros. Por ejemplo, si se habla de un parque solar grande hay que centrarse sobre todo en el máximo aprovechamiento de la luz solar, pero si se habla de una instalación en cubiertas uno de los aspectos más importantes es el peso del seguidor.

Teniendo en cuenta este aspecto, se ha diseñado un sistema(estructura portante, accionamiento y mecanismos) que trata de reducir al máximo su peso. Aunque otro aspecto a destacar, que otras empresas no tienen, es la facilidad del montaje del seguidor hasta tal punto que pueda ser montado por el propio cliente. Además, otra gran ventaja es que se pueden variar muchos aspectos de la estructura para que el cliente lo pueda adecuar a sus necesidades.

4.- PROCESO PRODUCTIVO

4.1.- EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN. ÁREAS PRINCIPALES

La fábrica se encuentra emplazada en el polígono industrial Plaza Imperial de la ciudad de Zaragoza en la comunidad autónoma de Aragón (España). Es una nave industrial que posee 3700 m².

Las instalaciones con las que cuenta la planta son:

- 40 plazas de parking para el personal
- Salidas de emergencia
- Baños
- Duchas
- Comedor
- Oficinas
- Recepción
- Sala de espera
- Sala de reuniones
- Vestuarios
- Salidas de emergencia
- Muelle de descarga
- Muelle de carga
- Zona para maniobras de trailers
- Instalaciones para minusválidos
- Sistema contra incendios

4.2.- DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

En este punto de la memoria se va a explicar la distribución de las distintas zonas de la nave industrial en la que se encuentra la línea de producción. La representación gráfica de esta distribución se encuentra en el apartado de planos en el “Plano de distribución en planta y flujo de materiales”. La forma en la que se distribuye la planta es:

- Zona de oficinas: cuenta con la oficina del gerente, el resto de las oficinas, sala de reuniones, recepción y sala de espera. La superficie que ocupa es de 150 m².
- Zonas comunes: en estas zonas se encuentran los baños, vestuarios y comedor. Su superficie es de 165 m².
- Almacén de materias primas y elementos normalizados: tiene una superficie de 335 m².
- Almacén de productos terminados: su superficie es de 120 m².
- Zona de producción: tiene un área de 3265 m².

Dentro de la zona de producción cabe destacar también el reparto de la superficie entre las distintas células:

- Célula 1 y 2: el área de la sierra es tan solo 1'8x0'85 metros, pero el área de trabajo es 4'8x15'8 metros ya que hay que tener en cuenta que se trabajan con longitudes de piezas muy largas. Es decir, la superficie de cada célula es de 75'84 m².
- Célula 3: el área del torno es de 3'44x1'34 metros y el área de trabajo de la célula es de 7'44x4'34 metros, los cuales hacen una superficie de 32'29 m².
- Célula 4: sus dimensiones son de 14'82x7'37 metros (109'22 m²). En ella se encuentran un taladro de 0'72x0'82 metros y una fresadora de 1'65x1'87 metros.
- Célula 5: tiene las mismas máquinas que la célula 4 pero su superficie total es de 7'37x3'47 metros (25'57 m²), menor que la célula 4 ya que las piezas a mecanizar son mucho más pequeñas.
- Célula 6, 7 y 8: se componen todas de una soldadora con dimensiones de 0'023x0'015 metros pero que necesitarán una mesa para el soldeo de 3x2 metros. Así pues, la superficie total de cada célula es de 8x4 metros (32 m²).
- Célula 9: su superficie total es de 6x9 metros (54 m²). En esta célula no hay ninguna máquina ya que solamente va a constar de cajas de cartón plegadas que tendrán que ir montando los operarios conforme vayan empaquetando las piezas.
- Célula 10: se compone de una mesa de 1x2 metros equipada con todas las herramientas necesarias para el montaje. La célula completa tiene una superficie de 3x6 metros (18 m²).

El resto de la superficie de la zona de producción que no se completa con las células es para transporte de las piezas, paso del personal...

4.3.- FLUJO DE MATERIALES Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación va a consistir en células de trabajo en las que en cada una de ellas se realizarán distintas operaciones para una o varias piezas. Habrá 2 células para el corte de los perfiles, 3 células de mecanizado, 3 células de soldadura, 1 célula de montaje y otra de embalaje.

En los planos se encuentra representado el flujo del material a lo largo del proceso en el plano de distribución en planta. A continuación se describe el proceso de fabricación representado en dichos planos:

1.- Para empezar, se reciben las materias primas y elementos comerciales en el almacén y se ordenan. Ésta recepción la harán dos operarios encargados del almacén, éstos operarios también realizarán tareas de almacenaje del producto terminado. Las materias primas se reciben en barras de una longitud de 6050 mm y en paquetes de 25 unidades, de esta manera el peso de cada paquete va a ser lo suficientemente elevado como para que los operarios se tengan que ayudar de una carretilla.

2.- Una vez que las materias primas salen del almacén pasan primero por las dos primeras células que constan de 1 sierra de cinta cada una. El traslado desde el almacén hasta las sierras lo realizan los operarios de las células 1 y 2 manualmente. La tarea de corte la realizarán entre 4 operarios (2 en cada sierra) con el objetivo de que puedan manipular los perfiles entre los dos fácilmente. Se hace esto porque la gran longitud de los perfiles de materias primas podría dificultar la manipulación de los mismos durante todo el proceso productivo. Así pues, como se parte de perfiles con una longitud de 6050 mm habrá que ir cortando a las medidas que sean necesarias:

	DESIGNACIÓN	LONGITUD (mm)	UNIDADES (uni/seguidor)	TIEMPO (seg/uni)
CÉLULA 1	Pletina 12x8	119	16	13
	Pletina 20x2	20	2	13
		50	2	13
	Pletina 30x10	75	2	13
		120	1	13
	Pletina 60x4	235	16	16
	Pletina 100x2	38	2	20
	Pletina 100x10	730	1	23
	Pletina 100x15	694	16	25
		96	16	25

CÉLULA 2	Tubo cuadrado 40x40x3	200	10	15
		325	2	15
		6050	2	0
	Tubo cuadrado 45x45x1'5	164	4	15
	Tubo cuadrado 100x100x2	5620	1	20
	Tubo circular 80x75	2150	4	20
	Tubo circular 120x90	90	8	30
	Perfil en "U" 100x40x2	200	1	20
	Perfil en "L" 60x15x2	970	8	15
		2000	16	15
	Perfil en "L" 150x75x10	135	16	30

El tiempo total para cortar los perfiles es de 47 minutos y 38 segundos. Sin embargo, como se dispone de dos sierras el tiempo total de la operación de corte de todas las piezas será de **23 minutos y 38 segundos** para la célula 1 y de **24 minutos** para la célula 2. En este tiempo se incluyen todas las operaciones de corte hasta que salen de la célula: anclaje del perfil, corte, acercamiento del perfil...

TIEMPO MÁXIMO REQUERIDO = 24 minutos

3.- Después de ser cortadas, las piezas se trasladan a la siguiente fase que consistirá en torneirlas, fresarlas y taladrarlas. El traslado lo realizarán los propios operarios de las células a las que se dirigen. En esta fase se pueden distinguir 3 células:

- Célula 3: aquí habrá un tornero profesional que realizará el torneado de las ruedas. Cada rueda tarda en tornearse alrededor de 3 minutos, con lo cual, al ser 8 ruedas se tardará unos **24 minutos** en torneirlas todas. De aquí van directamente a la zona de ensamblaje, ya que las ruedas ya están terminadas. Con lo cual, el resto de los procesos no dependen en absoluto de éste. Así que esta célula no influye en el tiempo total de este proceso.

- Célula 4: en ésta célula habrá dos operarios fresadores ya que aquí la longitud de las piezas a mecanizar será mucho mayor que en las otras células. Dicha célula se compone de un taladro y una fresa. Aquí se realiza el mecanizado de

las 2 guías que se tarda en mecanizar unos 5 minutos cada una, el empujador que tarda alrededor de 1'5 minutos, los 4 ejes del empujador que demora unos 20 segundos cada eje y los 8 portaplacas que se necesita 1 minuto aproximadamente para cada uno. Así pues, el tiempo total que se empleará en esta célula es de aproximadamente **21 minutos**.

- Célula 5: al igual que la anterior, se compone de otro taladro y otra fresa, sin embargo aquí solamente habrá un operario ya que las piezas a manipular van a ser suficientemente pequeñas como para que una sola persona pueda manejarlas con facilidad. Aquí se van a fabricar la carcasa del motor, las orejetas de la tuerca, las patas y el soporte del grupo motor. El tiempo aproximado que se utiliza en cada uno de los elementos es: 30 segundos para la carcasa, 40 segundos para las orejetas, 1 minuto para el soporte y 2'5 minutos para cada pata que, teniendo en cuenta que son 8 patas, el total del tiempo para las patas sería de 20 minutos. En total, el tiempo utilizado en esta célula sería de **22 minutos**.

TIEMPO MÁXIMO REQUERIDO = 22 minutos

4.- Ahora se pasa a la cuarta fase del proceso que consiste en la soldadura de las partes ya cortadas y mecanizadas. Este traslado también lo realizarán los operarios de las células 3, 4 y 5. Al igual que la anterior se compone de 3 células en las que se encuentra una soldadora en cada una. Habrá un soldador profesional en cada una de las células.

- Célula 6: aquí se soldarán todos los portaplacas. Así que teniendo en cuenta que cada portaplacas cuesta soldarlo alrededor de 5 minutos, los 8 portaplacas costarán unos **40 minutos**. Las unidades fabricadas en esta célula ya estarán terminadas, con lo cual irán directamente a la célula de empaquetado.

-Célula 7: en ésta serán soldadas las patas que, al igual que en la célula 6, hay que soldar 8 unidades con una duración de 5 minutos cada una. Con lo cual, el tiempo total será alrededor de **40 minutos**. Al igual que en la célula 6, las unidades soldadas aquí irán directamente a la célula de empaquetado.

- Célula 8: en este caso se soldarán distintas partes: guías, carcasa del motor, orejetas de la tuerca y soporte del grupo motor. Para cada guía se necesitará 15 minutos, así que para las dos serán necesarios 30 minutos; la carcasa del motor demorará unos 4 minutos; las orejetas de la tuerca 2 y el soporte del grupo motor alrededor de 6. En total, en esta célula se utilizarán **42 minutos**. Las guías irán directamente a la célula de empaquetado, sin embargo la carcasa, orejetas y soporte pasarán a la célula de ensamblaje.

TIEMPO MÁXIMO REQUERIDO = 42 minutos

5.- Ahora, de la célula 8 se pasa a la célula de ensamblaje (célula 10) en la que se realiza el montaje del grupo motor. Para esta célula será necesario un operario ya que las dimensiones del montaje no son muy elevadas. Este operario se encargará también de trasladar las piezas de la célula 8 a la 10 y de la célula 10 a la 9. El tiempo necesario para el montaje va a ser de unos **10 minutos**.

TIEMPO MÁXIMO REQUERIDO = 10 minutos

6.- Sin embargo, mientras se realiza el ensamblaje en la célula 10, las piezas ya terminadas se trasladan a la célula de embalaje (célula 9) en el que se encontrarán 2 operarios que necesitarán unos **15 minutos** para realizar dicha operación. El traslado de las piezas lo realizará un operario u otro según de qué célula provenga: desde las células 6, 7 y 8 las trasladarán los operarios de la célula 9, sin embargo las que provienen de las células 3, 4 y 10 las trasladarán los operarios de esas células.

TIEMPO MÁXIMO REQUERIDO = 15 minutos

7.- Una vez empaquetadas, todas las partes se llevan al almacén de productos terminados. Esta operación la realizarán 4 personas de las cuales 2 también estarán encargadas de la recepción de la materia prima. Esos dos operarios que se utilizarán en las dos operaciones (recepción de la materia prima y almacenamiento del producto terminado) se ponen de esta manera porque la recepción solamente se hará cada cierto tiempo, con lo cual poner en recepción dos personas fijas significaría que dichas personas estarían sin realizar ninguna tarea durante mucho tiempo.

El proceso de fabricación que va a seguir cada pieza será:

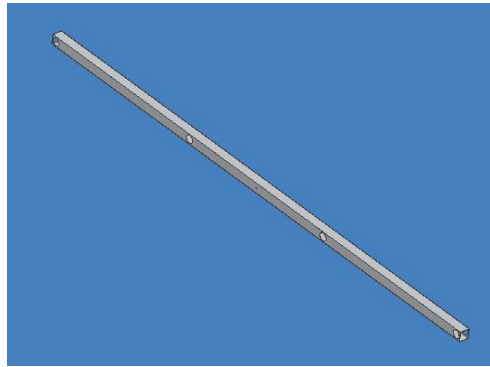
- Rueda: se parte de un tubo circular de aluminio de 120 mm de diámetro exterior y 90 mm de interior con una longitud de 6'05 metros. Así pues, en primer lugar se cortan trozos con una longitud de 90 mm y, una vez cortado, se tornea una zona central de 46 mm de longitud (36 mm a cada lado del eje de simetría) para reducir su diámetro de 120 mm a 100 mm. El proceso de torneado de cada rueda dura aproximadamente 3 minutos, pero como se necesitan 8 ruedas para cada seguidor, el tiempo total que se tarda es de 24 minutos. Este proceso es totalmente ajeno a todos los demás procesos ya que el torno no es utilizado en ningún otro proceso y porque las ruedas no necesitan ninguna otra operación.

TIEMPO FABRICACIÓN RUEDAS = 24 minutos

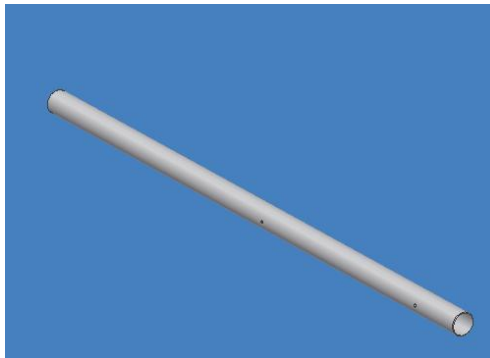
- Guía: en este caso también se parte de unos perfiles de aluminio con una longitud de 6'05 metros y con una sección de 40x40x3 mm, pero la longitud total de las guías es de 6375 mm con lo cual habrá que unir un perfil de 6'05 metros con otro de 0'325 metros que habrá que cortar. Además habrá que cortar también 5 pedazos del mismo perfil de 200 mm de longitud pero que deberán llevar una inclinación en la cara inferior y superior de 10°. También se necesitan 8 pletinas de 235 mm de longitud con una sección de 60x4 mm. Cuando se terminan de cortar los perfiles necesarios se procede a taladrar las orejetas con un diámetro de 6'6 mm y, además, se les realiza un fresado para redondear la parte superior de dichas orejetas con un radio de 30 mm. Después de mecanizar todas las piezas necesarias para el montaje de la guía, se procede a la unión de todas las partes mediante soldadura. El tiempo estimado para realizar todas estas operaciones es de unos 20 minutos cada guía, así que las dos guías costarán unos 40 minutos.

TIEMPO FABRICACIÓN GUÍAS = 40 minutos

- Empujador: se parte de un perfil de aluminio con sección cuadrada de 100x100x2 mm y una longitud de 6'05 metros. La longitud del empujador es de 5620 mm, así que habrá que cortar el perfil a dicha medida. A partir de este momento, con un taladro se harán los 4 agujeros pasantes de 85 mm de diámetro y el agujero pasante de 10 mm. Todas estas operaciones durarán alrededor de 2 minutos.

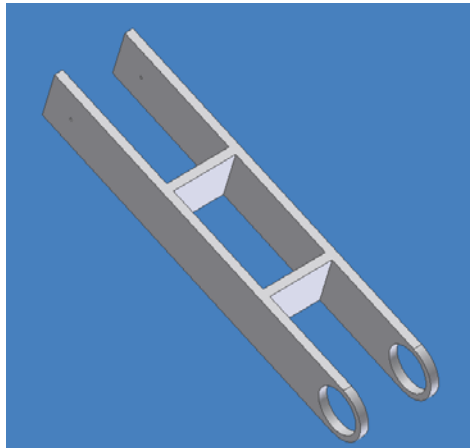
**TIEMPO FABRICACIÓN EMPUJADOR = 2 minutos**

- Eje del empujador: en este caso, la sección del perfil de aluminio será circular con un diámetro exterior de 80 mm e interior de 75 mm. La longitud del perfil en bruto también es de 6'05 metros y se necesita una longitud de 2150 mm para cada eje. Una vez cortado, se procede a taladrar los dos agujeros pasantes de 10 mm de diámetro. La fabricación de cada eje del empujador cuesta unos 34 segundos, pero como se fabrican 4 ejes para cada seguidor el tiempo total de fabricación de los 4 elementos será de unos 2 minutos y 30 segundos.

**TIEMPO FABRICACIÓN EJE EMPUJADOR = 2'5 minutos**

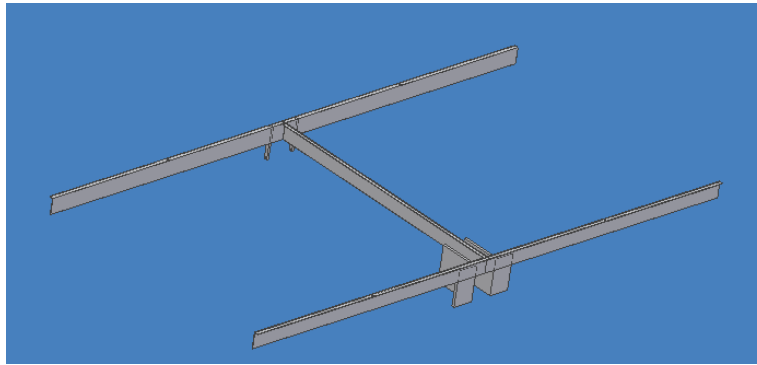
- Pata: el perfil del que se sacan los elementos que componen la pata es de aluminio, con una longitud de 6'05 metros y con una sección maciza de 100x15 mm. Se necesitan 2 partes de 694 mm y otras dos de 96 mm. Cuando ya se tienen cortadas, a las dos partes de 694 mm se les realiza un fresado para redondear uno de los extremos con un radio de 50 mm. A

estas dos partes también se les realiza dos taladros a cada una: uno de 80 mm y otro de 4'5 mm. Por último, una vez que se han mecanizado las partes, se procederá a la soldadura entre ellas para terminar formando la pata. El tiempo empleado para la fabricación de una pata es de unos 9 minutos, con lo cual las 8 patas necesarias costarán unos 72 minutos.

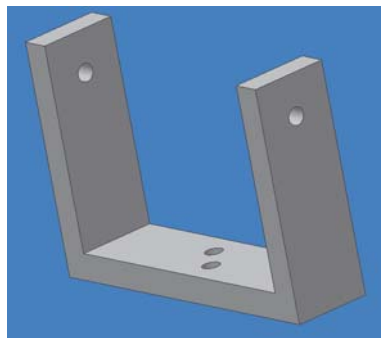


TIEMPO FABRICACIÓN PATAS = 72 minutos

- Portaplacas: en este caso se necesitarán tres perfiles diferentes pero todos de aluminio y con una longitud de 6'05 metros en bruto. Los perfiles utilizados serán: perfil en "L" de 60x15x2 mm, perfil en "L" de 150x75x10 mm y pletina de 12x8 mm. Del perfil en "L" de 60x15x2 mm se cortarán dos trozos de 2 metros y otro de 0'97 metros, del perfil en "L" de 150x75x10 mm se necesitan dos trozos de 135 mm y de la pletina se cortarán 2 trozos de 119 mm. Una vez cortados se procederá al taladrado de los perfiles, en los cuales se realizarán 3 agujeros de 6'6 mm de diámetro en cada perfil de 2 metros, un agujero de 6'6 mm de diámetro en cada perfil en "L" de 150x75x10 mm y otro agujero de 4'5 mm en cada una de las pletinas. En este momento se hará la soldadura de todas las partes entre si para formar el portaplacas. El tiempo empleado para la fabricación de cada portaplacas será aproximadamente de 8 minutos y 30 segundos, con lo cual para fabricar los 8 se necesitarán unos 68 minutos.

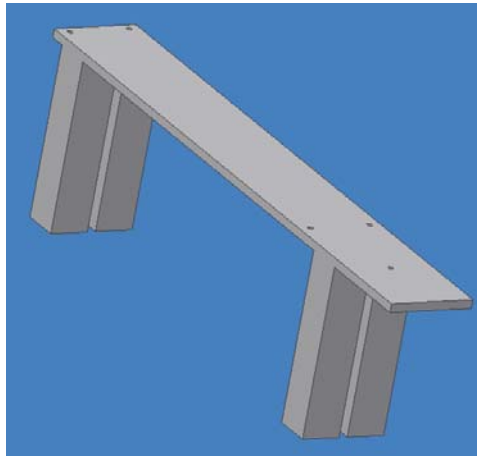
**TIEMPO FABRICACIÓN PORTAPLACAS = 68 minutos**

- Orejetas de la tuerca del husillo: para esta pieza se necesitan pletinas de 30x10 mm. Al igual que todos los casos anteriores, la pletina será de aluminio con una longitud de 6'05 metros. Habrá que cortar un trozo de 120 mm de longitud y otros 2 de 75 mm. Después se taladrarán dos agujeros de 6'6 mm de diámetro en la pletina de 120 mm y otro agujero de 10 mm en cada una de 75 mm. Seguidamente se realizarán las soldaduras necesarias para terminar de fabricar la pieza. El tiempo estimado para este proceso es de unos 3 minutos.

**TIEMPO FABRICACIÓN OREJETAS = 3 minutos**

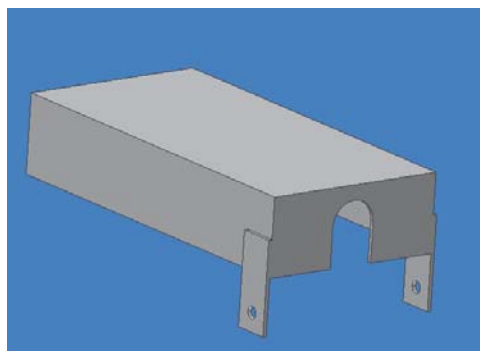
- Soporte del grupo motor: para este elemento se utilizan tres tipos de perfiles de aluminio y de longitud de 6'05 metros: tubo cuadrado de 45x45x1'5 mm, pletina de 20x2 mm y pletina de 100x10 mm. Se cortarán 4 trozos del perfil cuadrado de 164 mm, 2 trozos de la pletina de 20x2 mm de 20 mm de longitud y un trozo de la pletina grande de 730 mm. Habrá que realizarle un taladro de 6'6 mm a cada pletina de 20x2 mm, y 5 taladros de 6'6 mm a la pletina de 100x10 mm. Tras realizarle todo el

mecanizado se soldarán todas las partes. El tiempo estimado para la fabricación de esta pieza es de 9 minutos.



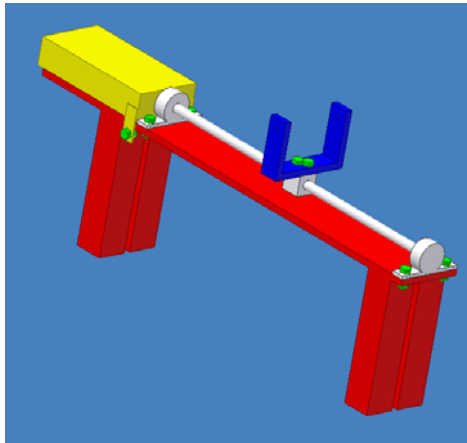
TIEMPO FABRICACIÓN GRUPO MOTOR = 9 minutos

- Carcasa del motor: los perfiles necesarios para este elemento son: perfil en “U” de 100x40x2 mm, pletina de 100x2 mm y pletina de 20x2 mm. Se necesita un trozo de 200 de longitud del perfil en “U”, dos trozos de 50 mm de la pletina de 20x2 y otros dos trozos de la pletina de 100x2 con una longitud de 38 mm. A ésta última habrá que realizarle otro corte para reducir su anchura de 100 mm a 96 mm. Ahora, habrá que realizarle un fresado a una de las pletinas de 100x2 para que el motor pueda sacar el eje y unirlo al husillo y consistirá en una ranura de 25 mm de anchura y 34 mm de longitud. Además habrá que hacer un taladro de 6’6 mm de diámetro en las dos pletinas de 20x2. Por último, habrá que realizar el soldeo entre todas las partes para que adquiera la forma final de la pieza. Se requerirá un tiempo de alrededor de 6 minutos.



TIEMPO FABRICACIÓN CARCASA MOTOR = 6 minutos

- Grupo motor: una vez fabricados todos los elementos se procede al montaje del grupo motor, el cual necesita: 2 rodamientos de bolas de contacto angular, 1 husillo, 1 tuerca para el husillo, 1 motor, 1 carcasa de motor, 1 orejetas para la tuerca, 1 soporte para el conjunto, 2 tornillos hexagonales M6 de longitud 15 mm, 7 tornillos hexagonales M6 de longitud 25 mm y 7 tuercas hexagonales M6 autoblocantes. Cabe destacar que los elementos comerciales necesarios para los montajes previstos para un día se hacen llegar todos juntos en un solo desplazamiento, es decir, una vez al día habrá un montacargas que trasladará todos los elementos que se prevé que serán necesarios para ese día. Se hace esto debido a que la situación estratégica de la célula 10 es demasiado mala ya que el excesivo número de traslados entorpecería mucho a otros traslados entre células, en concreto entre la 1 y la 3 y entre la 5 y la 7. El montaje se empieza introduciendo el husillo en uno de los rodamientos, seguidamente se coloca la tuerca en el husillo y se pone el otro rodamiento en el otro extremo del husillo. A continuación se procede al anclaje de los rodamientos sobre el soporte del conjunto mediante 4 tornillos M6 de 25 mm de longitud y 4 tuercas autoblocantes (2 tornillos y dos tuercas para cada rodamiento. Una vez anclados estos elementos se introduce el eje del motor en el eje del husillo (ambos vienen ya preparados para que haya un acoplamiento perfecto) y se ancla el motor al soporte mediante un tornillo M6 de 25 mm de longitud y una tuerca autoblocante. Ahora se coloca la carcasa del motor con la ayuda de dos tornillos M6 de 25 mm de longitud y dos tuercas autoblocantes. Y, por último, se le coloca a la tuerca del husillo las orejetas para poder unir el sistema de accionamiento con el empujador. Para esta operación se requerirá un tiempo de aproximadamente 10 minutos.

**TIEMPO MONTAJE GRUPO MOTOR = 10 minutos**

- Embalaje: por último, se procede a embalar todas las piezas ya terminadas tal y como se describirá mas adelante en el apartado de “Transporte y almacenamiento” del Manual de Instrucciones y posteriormente se almacenará en el almacén de productos terminados. Esta tarea necesitará alrededor de 10 minutos.

TIEMPO EMBALAJE DEL CONJUNTO = 10 minutos

- Seguimiento de calidad: de cada 100 seguidores vendidos, se elegirá uno al azar y se le realizará un seguimiento durante un mes de su funcionamiento en el lugar de la instalación.

4.4.- FLEXIBILIDAD Y CAPACIDAD PRODUCTIVA

La forma de calcular la capacidad productiva de la línea de producción consiste en, primero, saber el tiempo que cuesta realizar cada operación y, segundo, saber diferenciar qué tiempos influyen sobre otros tiempos. Para calcular los tiempos de producción se van a distinguir 4 grupos de células en las que los tiempos de cada grupo influyen sobre el siguiente grupo: grupo 1 que será el grupo de corte, grupo 2 que será el de taladrar, fresar y torneear, grupo 3 será el grupo de soldar y ensamblar, y grupo 4 que consistirá en el embalaje. El tiempo total de fabricación de un seguidor solar desde que sale la materia prima desde el almacén hasta que termina en el almacén de productos

terminados será la suma del tiempo de las células que más tardan en hacer la tarea de cada grupo, es decir, la que más tarda del grupo 1 se suma a la que más tarda del grupo 2 que a su vez se suma con la del grupo 3... Así pues, los tiempos son:

- Célula 1 → 23 minutos 38 segundos → Grupo1=24 minutos
 - Célula 2 → 24 minutos
 - Célula 3 → 24 minutos
 - Célula 4 → 21 minutos
 - Célula 5 → 22 minutos
 - Célula 6 → 40 minutos
 - Célula 7 → 40 minutos
 - Célula 8 y célula 10 → 52 minutos
 - Célula 9 → 15 minutos
- } → Grupo2=24 minutos
 } → Grupo3=52 minutos
 } → Grupo4=15 minutos

Así pues, el tiempo total que se utiliza en la fabricación de un seguidor es de:

$$\text{TIEMPO TOTAL} = 24 + 24 + 52 + 15 = 1 \text{ hora } 55 \text{ minutos}$$

Con estos tiempos también se puede deducir la capacidad de producción de la línea. Al ser una producción continua, es decir, cuando el grupo 1 termina de trabajar en un seguidor inmediatamente empieza a trabajar en el siguiente, con lo cual sabiendo esto, se sabe que la producción de la empresa es de 1 seguidor cada 52 minutos. Así, la capacidad productiva diaria, sabiendo que se trabajan 8 horas al día, es de 9 seguidores.

Teniendo en cuenta que se trabajan 11 de los 12 meses del año ya que el otro mes es para vacaciones, y que en el mes hay que quitar los fines de semana, la capacidad productiva al año será de 2223 seguidores solares.

El tiempo perdido cuando se producen averías se van a solventar gracias al stock.

5.- ANEXOS

5.1.- MANUAL DE INSTRUCCIONES

5.1.1.- ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El almacenamiento de las distintas piezas una vez fabricadas será de distinta manera según hablemos de unas piezas u otras:

- Pata: las 8 irán metidas en una caja de cartón con dimensiones de 0'8 metros de altura y con una base rectangular de 0'6x0'3 metros. Irán ordenadas y encajadas entre sí para que en el transporte no se puedan golpear unas con otras o incluso llegar a romper la caja.
- Portaplacas: irán empaquetados cada uno por separado en cajas de cartón con las dimensiones justas para que vayan totalmente encajados. Sus dimensiones serán de 155 mm de altura y con una base rectangular de 1x2 metros.
- Eje del empujador: su almacenamiento será en cajas de cartón de 2'15 metros de longitud y con base cuadrada de 160 mm de lado. En dichas cajas se almacenarán los 4 ejes necesarios para la instalación.
- Empujador y guías: al tratarse de piezas excesivamente largas, no se empaquetarán de ninguna manera.
- Ruedas: irán empaquetadas en cajas de cartón cuyas medidas serán de 180 mm de alto y con una base cuadrada de 240 mm de lado. Dicha caja contendrá las 8 ruedas necesarias para la instalación.
- Casquillos: se empaquetarán en cajas de cartón de base cuadrada de 240 mm de lado y con una altura de 110 mm. La caja contendrá 4 casquillos.
- Soporte, carcasa del motor, motor, rodamientos, husillo y tuerca del husillo: todas estas partes irán montadas ya de fábrica con el objetivo de que el montaje de la instalación sea mucho más fácil. Este conjunto irá contenido en una caja cuyas dimensiones serán 0'78x0'37x0'15 metros.
- Tornillos, tuercas y elementos de anclaje: todos estos elementos irán contenidos en bolsas distintas según sean de un tipo o de otro. Por ejemplo: podrá haber una bolsa con 16 tornillos de media rosca M4, otra con 48 tornillos todo roscado de M6, otra con 9 tuercas autoblocantes de M9...

- Placas solares: van a ser compradas a una empresa externa, con lo cual irán empaquetadas tal y como lleguen a la fábrica del seguidor.

En cuanto al lugar en el que se almacenarán todos los componentes y cajas con componentes, se aconseja que no haya excesiva humedad debido a las cajas de cartón.

El transporte desde la fábrica hasta el lugar de comercialización se hará con camiones. También se ofrecerá al cliente poder ir a la propia fábrica a por la instalación completa o a por algún repuesto.

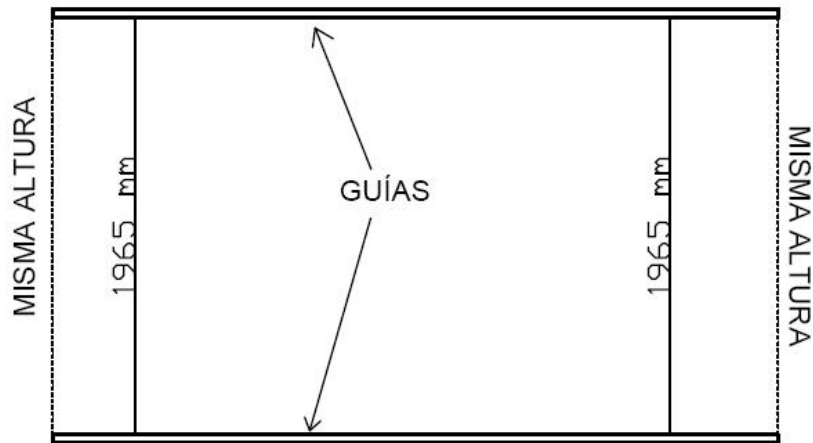
5.1.2.- MONTAJE Y UTILIZACIÓN

Se trata de un conjunto que ha sido pensado para que el propio cliente pueda ser quien lo instale. Así pues, su montaje y puesta en marcha será muy fácil.

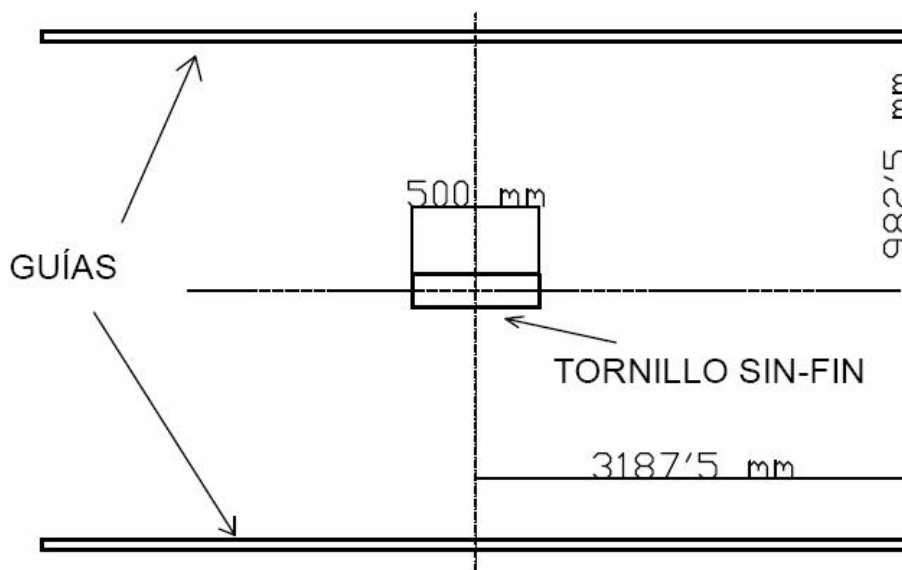
Para empezar, habrá que reunir todas las herramientas necesarias para su montaje: cinta métrica, lapicero, taladro y 2 llaves inglesas. También se recomienda realizar la instalación entre un mínimo de dos personas y así, entre otras cosas, se facilitará mucho la manipulación de las piezas grandes.

Una vez reunido todas las herramientas se procederá al montaje:

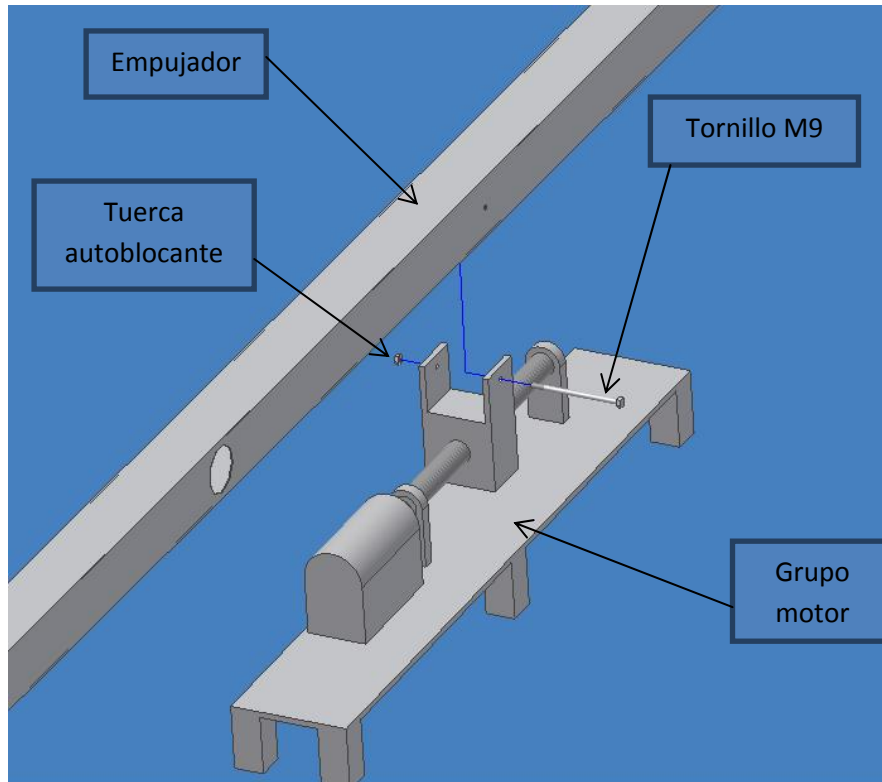
1.- Anclaje de las guías: dependiendo del tipo de cubierta en la que nos encontremos puede realizar de distintas maneras: con cemento, con agujero en la cubierta, con agujero pasante en chapa (en estos dos últimos casos los pernos necesarios se comprarán a parte de la instalación)... Se puede anclar como se desee, pero siempre hay que asegurarse que se queda suficientemente anclado. Las guías se colocarán paralelas una respecto de la otra, a una distancia de 1965 mm y a la misma altura, es decir, cada pata debe de quedar en la misma proyección horizontal que la pata de la otra guía:



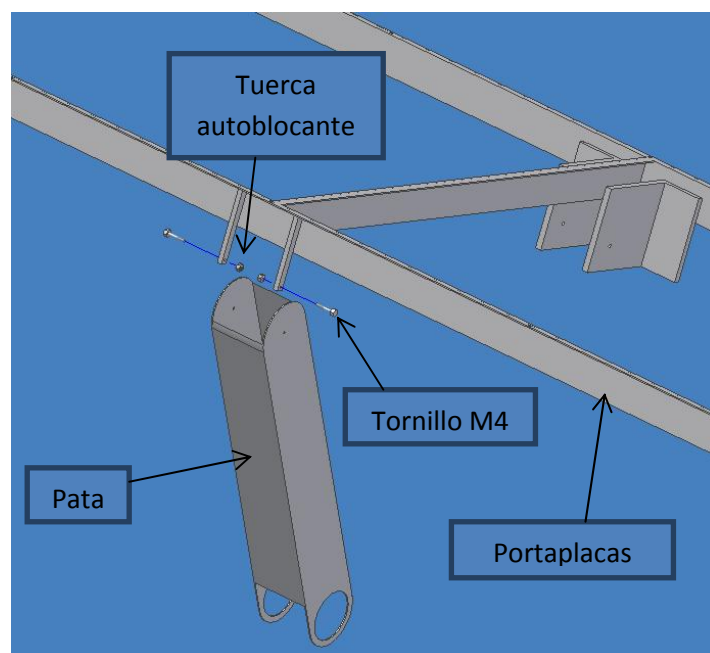
2.- Anclaje del mecanismo de accionamiento del sistema: el punto medio del husillo debe estar a la altura del punto medio de las guías, también debe encontrarse a la misma distancia de las dos guías y además tiene que ser paralelo a ellas. Con lo cual, teniendo en cuenta que el husillo tiene una longitud de 500 mm:



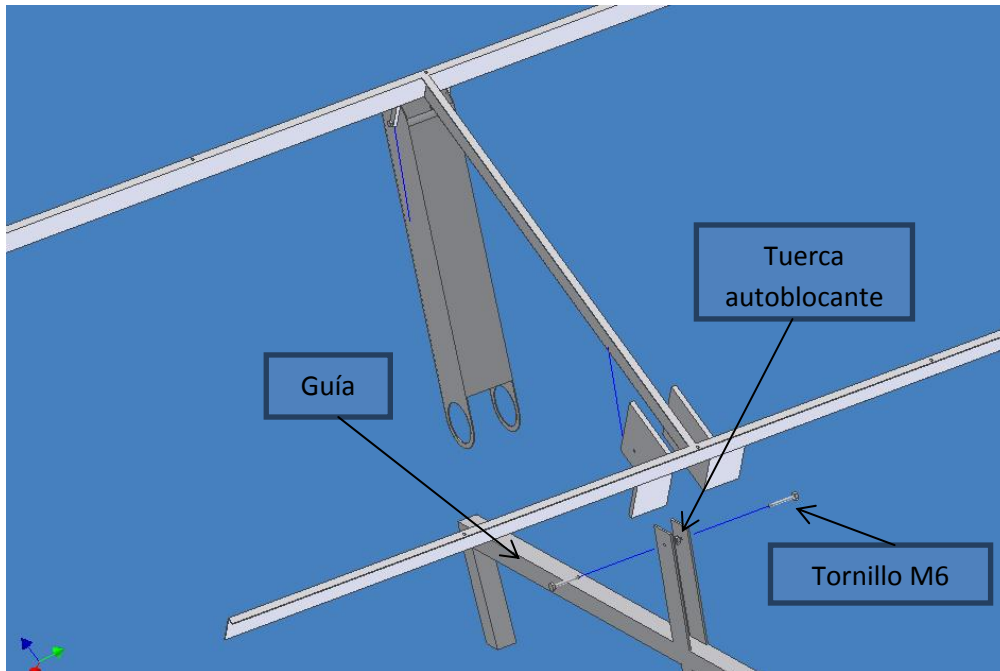
3.- Unión del empujador a la tuerca del husillo: mediante el tornillo de métrica 9 de media rosca atornillado a una tuerca autoblocante, unir el empujador a la tuerca del husillo.



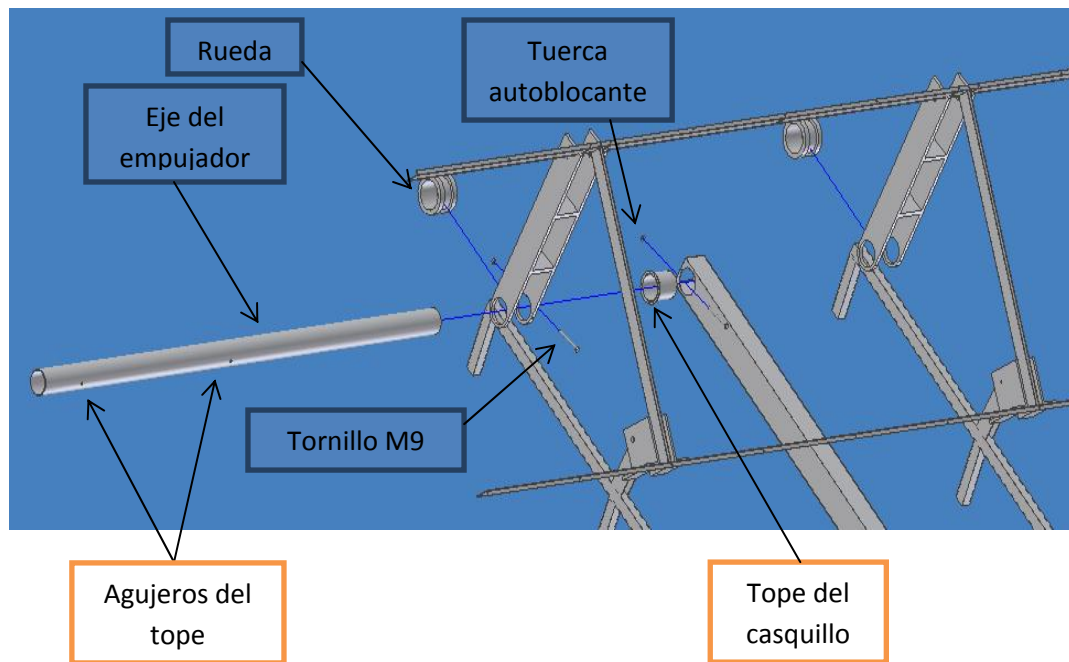
4.- Unión de los portaplacas con las patas: mediante dos tornillos de métrica 4 con media rosca se une cada una de las patas con su correspondiente portaplacas en las orejetas superiores de éste. Los tornillos se roscan a una tuerca autobloqueante.



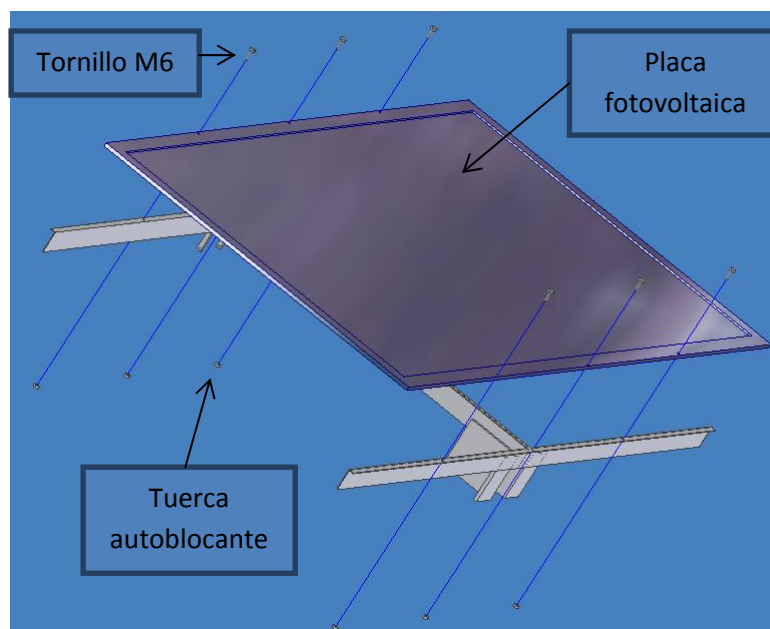
5.- Unión del portaplacas a la guía: mediante dos tornillos de métrica 6 de media rosca atornillados a tuercas autoblocantes, se une las orejetas inferiores del portaplacas con las pletinas salientes de las guías.



6.- Colocación de los ejes del empujador: primero habrá que introducir el casquillo en los agujeros del empujador y después simplemente habrá que pasar el eje por el agujero de la parte inferior de la pata, pero a la vez que atraviesa a la pata tiene que atravesar también a la rueda para que ésta se quede encajada en la pata y girando alrededor del eje. Después de atravesar una de las patas con su respectiva rueda, atravesará el agujero del empujador con casquillo que le corresponda, y finalmente atravesará a la otra pata con su rueda. Una vez hecho esto, hay que ponerle al eje sus dos tornillos de métrica 9 con rosca total roscado en una tuerca autoblocante, uno en el extremo del eje y otro junto al casquillo. Éstos dos tornillos sirven de tope para que el eje no se salga por ninguno de los dos lados. Hay que tener en cuenta que la posición del eje al ser introducido debe de ser con los dos agujeros en la misma dirección que el tope del casquillo.



7.- Colocación de la placa fotovoltaica: consiste simplemente en atornillar la placa en el portaplacas mediante 6 tornillos de métrica 6 con rosca total y que se roscan en una tuerca autoblocante.



Una vez construida la estructura hay que proceder a la puesta en marcha del sistema. Para ello, lo primero que hay que hacer es realizar la instalación eléctrica, para lo que se llamará a un especialista para que la

realice. Así pues, cuando la instalación eléctrica ya está realizada el sistema ya está listo para ser utilizado.

5.1.3.- MANTENIMIENTO REQUERIDO

El principal mantenimiento que requiere el seguidor con las placas instaladas es el de realizar una limpieza eventualmente con el objetivo de que las placas se mantengan limpias para que pueda absorber la máxima radiación solar, y con el objetivo también de que no se interponga suciedad entre las partes móviles como por ejemplo las ruedas y las guías.

5.1.4.- RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se citan a continuación son importantes para el correcto funcionamiento del sistema y para la seguridad de las personas durante la instalación del sistema y durante su funcionamiento. Si no se siguen dichas recomendaciones el propio usuario se responsabiliza de lo que pueda ocurrir:

- Procurar llevar a cabo la instalación durante el día, con un viento no muy excesivo y sin lluvia, granizo o nieve.
- Utilizar arnés de seguridad durante la instalación.
- Utilizar guantes de protección.
- Utilizar casco de seguridad.
- No dejar ningún objeto sobre las guías ni sobre las placas.
- No cambiar ninguna medida ni elemento de la estructura sin consultar previamente con el fabricante.
- No anclar ningún elemento en un punto muy cercano a los extremos de la cubierta.

5.2.- DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD Y MARCADO CE

Declaración de conformidad

Lalaguna Solar



Declaración de Conformidad

Datos del fabricante:

- Nombre: Lalaguna Solar
- Población: Zaragoza
- Dirección: Calle Taormina, 4
- Contacto: 667 843 477

Declara que:

Datos del producto:

- Tipo: Seguidor solar
- Modelo: seguidor solar para cubierta.
- Características: automático, autosuficiente y preparado para soportar placas de 2 kg.

Es conforme con las exigencias mínimas de seguridad y salud y con otras disposiciones pertinentes recogidas en la siguiente normativa, y que todas las medidas necesarias han sido tomadas y que están en vigor para asegurar que la producción continuará conforme con los requisitos.

- RD 1435/92 (anexo 1)
- RD 1644/2008
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre
- RD 1432/2002
- RD 436/2004, de 12 de marzo
- RD 1644/2008

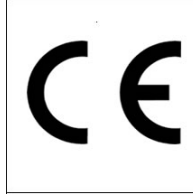
Año en el que empieza a aplicarse el marcado: 2012

Firma:

Fecha: 31-Agosto-2012

ETIQUETA/PLACA DE CARACTERÍSTICAS

Fabricante: Lalaguna Solar



Marca:

Modelo:

Roof follower

RF5

Año de fabricación: **2012**

Nº de serie: **2012021001**

Características:

Especificaciones técnicas y de funcionamiento:

- Dimensiones: Sin placa solar: 4x6'57x0'98 metros
Con placa solar: 4x6'57x1'2 metros
- Pesos: peso máximo de la placa solar a soportar: 2Kg
peso de todo el conjunto: 144'5 kg

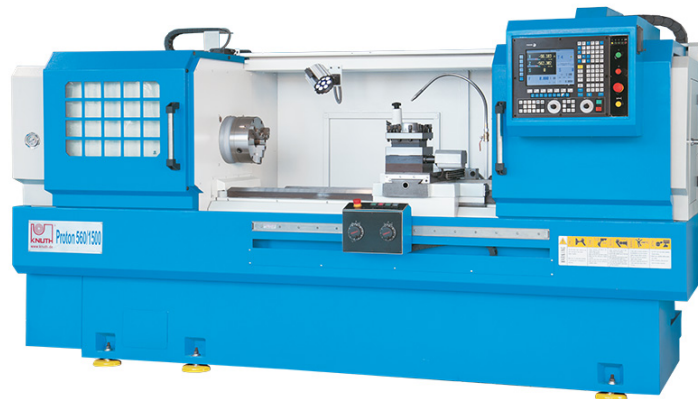
5.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS

5.3.1.- SIERRA DE CINTA SEMIAUTOMÁTICA HB 280 B



capacidad de corte	
capacidad de corte a 90° (plano)	350x200mm
capacidad de corte a 90° (redondo)	280mm
capacidad de corte a 90° (cuadrado)	280x280mm
capacidad de corte a 45° (plano)	260x320mm
capacidad de corte a 45° (redondo)	240mm
capacidad de corte a 45° (cuadrado)	210x210mm
velocidad de corte	20-100 variable m/min.
capacidad de accionamiento	
clasificación del motor de accionamiento principal	1,5 Kw.
clasificación del motor de bomba de enfriamiento	0,12 Kw.
voltaje de alimentación	400 V
medidas y pesos	
dimensiones de la banda	27x0,9x3400mm
dimensiones generales	1800x850x1000mm
Peso	530Kg

5.3.2.- TORNO DE CICLOS CNC PROTON 560/1500



Área de trabajo	
ancho central	1500mm
altura central	265mm
Diámetro de giro sobre plataforma (máx.)	560mm
diámetro de giro sobre carro transversal	300mm
ancho de plataforma	400mm
recorrido, carro transversal	300mm
Cabezal	
rango de velocidad, alto	400 – 2000min-1
rango de velocidad, bajo	25 – 500min-1
montaje de husillo	A2-8 (Stehbolzen)
Diám. int. del husillo	80mm
cabezal de la herramienta	
dimensiones de la espiga de la herramienta	25x25mm
cabeza móvil	
unión cónica de la cabeza móvil	MK 5
diámetro del eje hueco de la cabeza móvil	Ø 85
recorrido del eje hueco de la cabeza móvil	150mm
Precisión	
precisión de posicionamiento del eje X	0,03mm
precisión de posicionamiento del eje Z	0,045mm
repetibilidad del eje X	0,012mm
repetibilidad del eje Z	0,02mm
capacidad de accionamiento	
clasificación del motor del cabezal	7,5 Kw.
medidas y pesos	
dimensiones generales	3440x1340x1750mm
Peso	3700Kg.

5.3.3.- FRESADORA ECO CENTER350 GP

Área de trabajo	
Recorrido del eje X	400mm
Recorrido del eje Y	240mm
Recorrido del eje Z	380mm
dimensiones de la mesa	800x240mm
capacidad de carga de la mesa	100Kg.
ranuras, ancho	14mm
ranuras en T, separación	75mm
distancia de la nariz del husillo a la superficie de la mesa	60 – 460mm
Abertura	300mm
Capacidad máx. de fresado, vertical	12mm
Cabezal	
rango de velocidad	60 – 6000min-1
Alimentación	
alimentación rápida de eje X	6000mm/min.
alimentación rápida de eje Y	6000mm/min.
alimentación rápida de eje Z	6000mm/min.
alimentación de trabajo del eje X	2,5 – 2000mm/min.
alimentación de trabajo del eje Y	2,5 – 2000mm/min.
alimentación de trabajo del eje Z	2,5 – 2000mm/min.
cabezal de la herramienta	
cantidad de estaciones de herramientas	10 Stück
tamaño de la herramienta Ø x L (máx.)	92x120mm
Peso máx. de la herramienta	4Kg.
capacidad de accionamiento	
clasificación del motor de accionamiento principal	3,7 Kw.
clasificación del motor de bomba de enfriamiento	0,04 Kw.
clasificación del motor X	0,85 Kw.
clasificación del motor Y	0,85 Kw.
clasificación del motor Z	0,85 Kw.
Medidas y pesos	

dimensiones generales	1870x1650x2000mm
Peso	1520Kg.

5.3.4.- TALADRO DE COLUMNA MD40H



Área de trabajo	
Recorrido del eje X	370mm
Recorrido del eje Y	190mm
Recorrido del eje Z	120mm
dimensiones de la mesa	600x190mm
Cabezal	
rango de velocidad	50Hz 75-1600 60Hz 90-1970
capacidad de accionamiento	
motor	1'1 Kw.
Medidas y pesos	
dimensiones generales	820x720x1830mm
Peso	390Kg.

5.3. 5.SOLDADORA DE ARCO MOS215

Electrodos	
Dimensiones	De 2'5 a 5 mm
Campo de regulación	De 10 a 100 A
Alimentación	
Entrada de corriente	15 A
Medidas y pesos	
dimensiones generales	232x153x371mm
Peso	7'5Kg.



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Título del Proyecto

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA
INSTALAR EN CUBIERTAS**

PLANOS

AUTOR: Carlos Lalaguna Cerdán

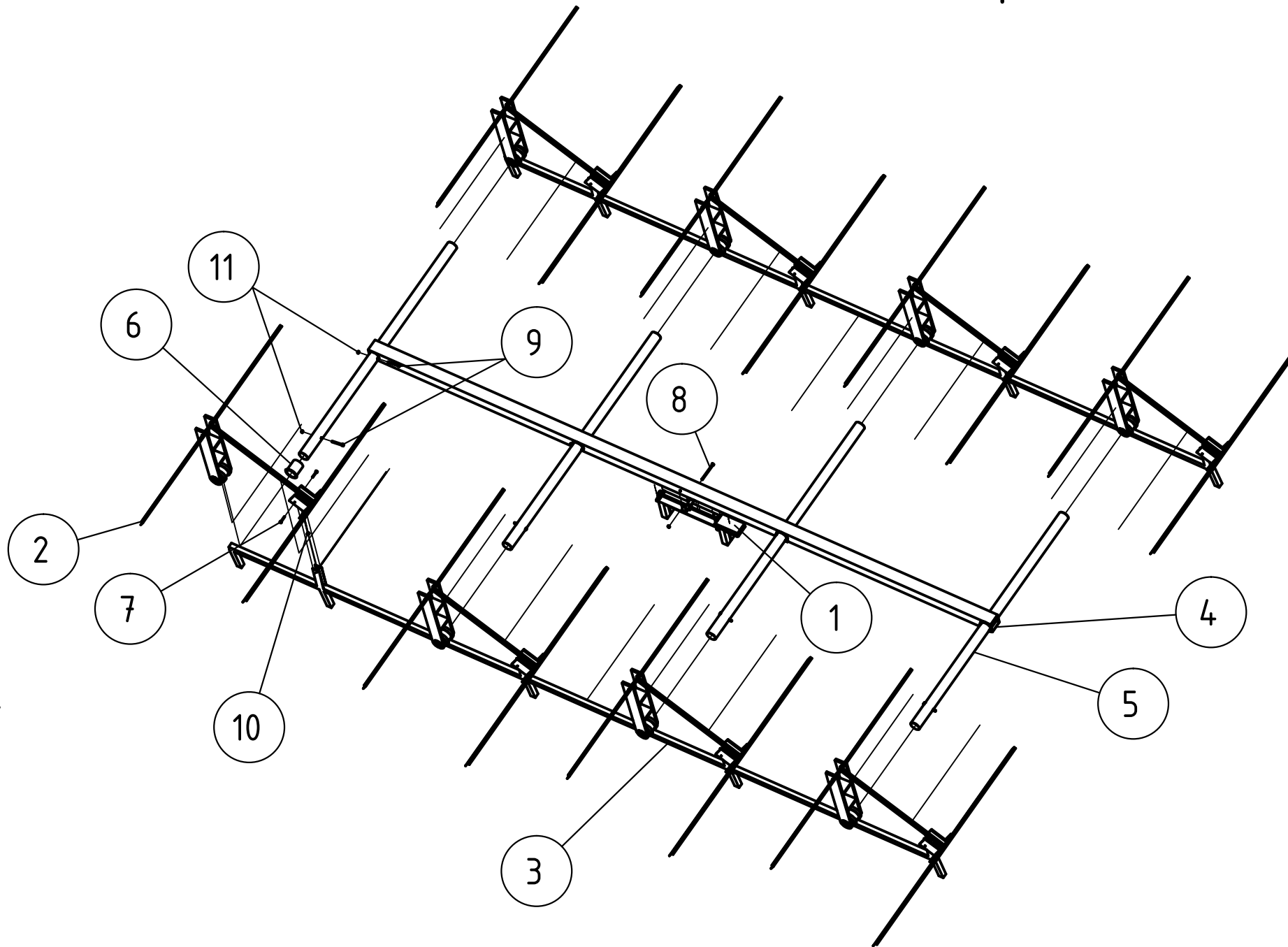
DIRECTOR: José Luis Santolaya Sáenz

ESPECIALIDAD: Ingeniería Técnica Industrial Mecánica

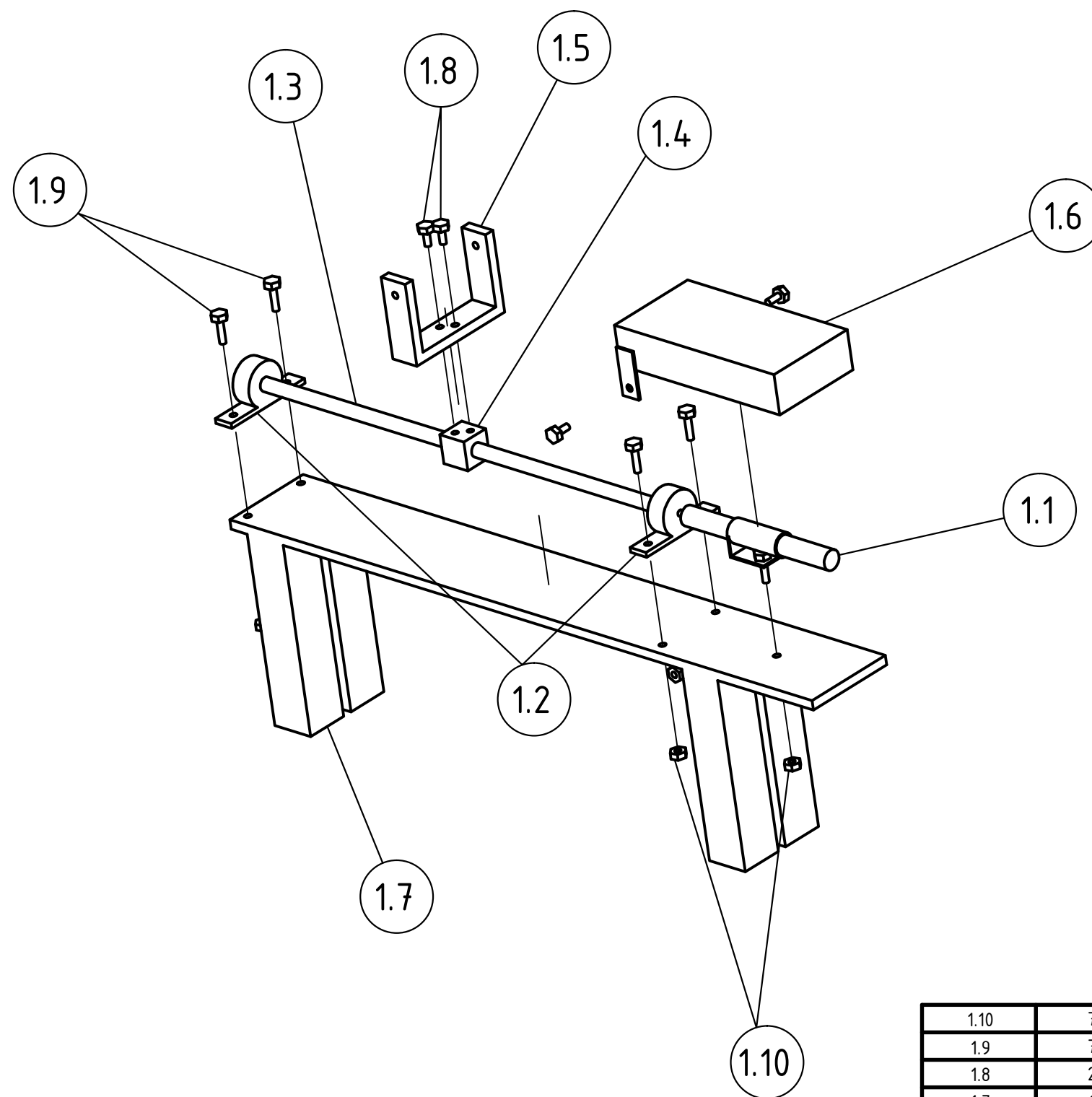
CONVOCATORIA: Septiembre 2012

ÍNDICE

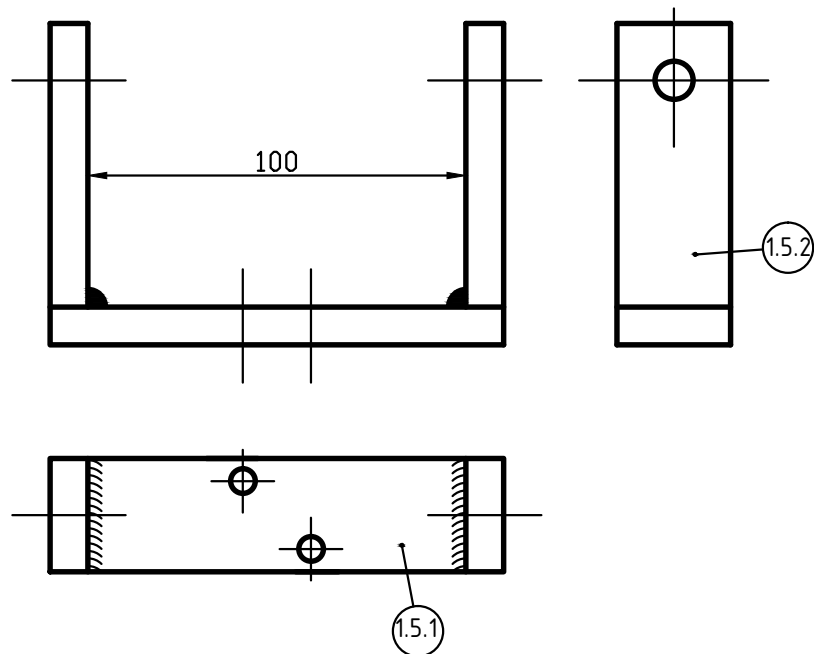
- 1.- CONJUNTO GENERAL
- 2.- CONJUNTO MOTOR
- 3.- OREJETAS TUERCA HUSILLO
- 4.- PIEZAS OREJETAS TUERCA HUSILLO
- 5.- CARCASA MOTOR
- 6.- PIEZAS CARCASA MOTOR
- 7.- SOPORTE GRUPO MOTOR
- 8.- PIEZAS SOPORTE GRUPO MOTOR
- 9.- CONJUNTO ARTICULACIÓN
- 10.- PORTAPLACAS
- 11.- PIEZAS PORTAPLACAS
- 12.- RUEDA
- 13.- PATA
- 14.- PIEZAS PATA
- 15.- GUÍA
- 16.- PIEZAS GUÍA
- 17.- EMPUJADOR
- 18.- EJE DEL EMPUJADOR
- 19.- PLANO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FLUJO DE MATERIALES



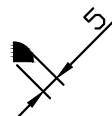
11	9	Tuerca hexagonal autoblocante DIN-985	M9
10	16	Tuerca hexagonal autoblocante DIN-985	M6
9	8	Tornillo hexagonal todo roscado DIN-931	M9;L=100mm
8	1	Tornillo hexagonal media rosca DIN-931	M9;L=150mm;b=22mm
7	16	Tornillo hexagonal media rosca DIN-931	M6;L=55mm;b=10mm
6	4	Casquillo de fricción PAP 80100 P10	d=80mm;D=85mm;L=100mm
5	4	Eje del empujador	Aluminio
4	1	Empujador	Aluminio
3	2	Guía	Aluminio
2	8	Conjunto articulación	Aluminio
1	1	Conjunto motor	Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación y observaciones	Material y medidas
	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN	
Comprobado			
Escala	SEGUIDOR		Nº Plano: 1
1:50			Proyecto fin de carrera



1.10	7	Tuerca hexagonal autoblocante DIN-985	M6
1.9	7	Tornillo hexagonal todo roscado DIN-931	M6;L=25mm
1.8	2	Tornillo hexagonal todo roscado DIN-931	M6;L=15mm
1.7	1	Soporte grupo motor	Aluminio
1.6	1	Carcasa motor	Aluminio
1.5	1	Orejetas tuerca husillo	Aluminio
1.4	1	Tuerca de husillo SKM Tr 20x4	d=20mm;Alt=30mm;Anch=30mm
1.3	1	Husillo RPTSTr 20x4	d=20mm;p=4mm;L=500mm
1.2	2	Rodamiento bolas de contacto angular 7202	d=15mm;D=35mm;E=20mm
1.1	1	Motorreductor G42x40/PLG 42S	Par=9'5N·m
Marca	Nº piezas	Designación y observaciones	Material y medidas
	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN	
Comprobado			
Escala	CONJUNTO MOTOR		Nº Plano: 2
1:5			Proyecto fin de carrera



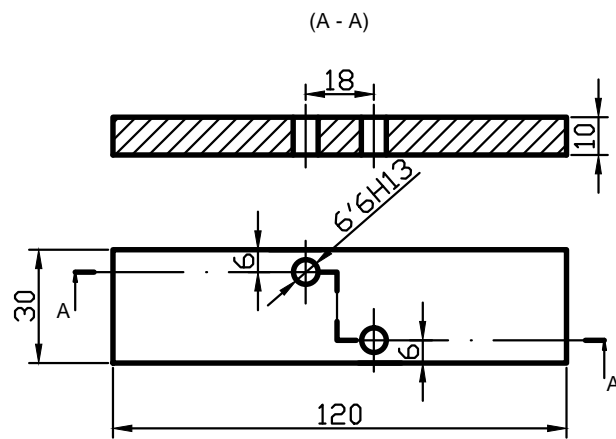
Soldaduras:



1.5.2	2	Laterales		Aluminio
1.5.1	1	Base		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA Nº Plano: 3 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:2	OREJETAS TUERCA HUSILLO			

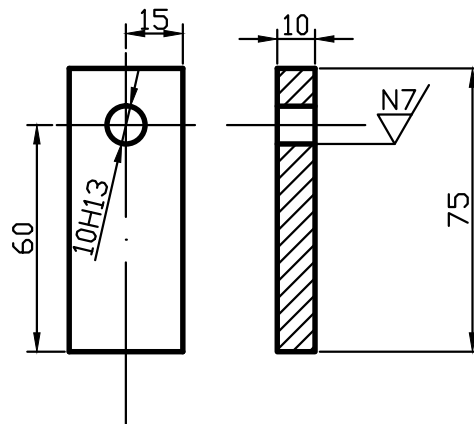
1.5.1.-

N9/

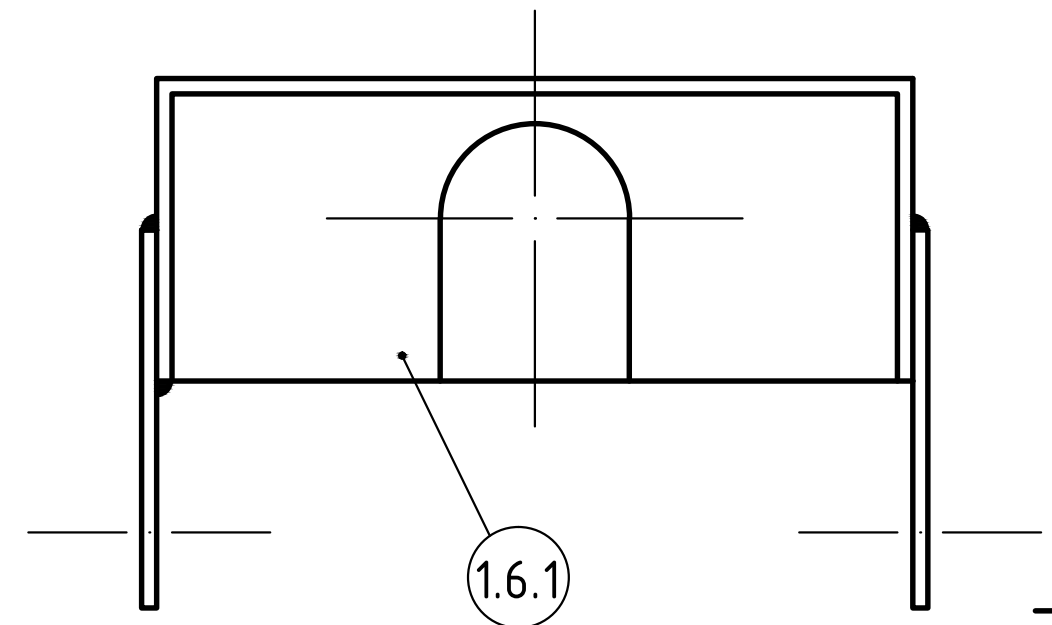
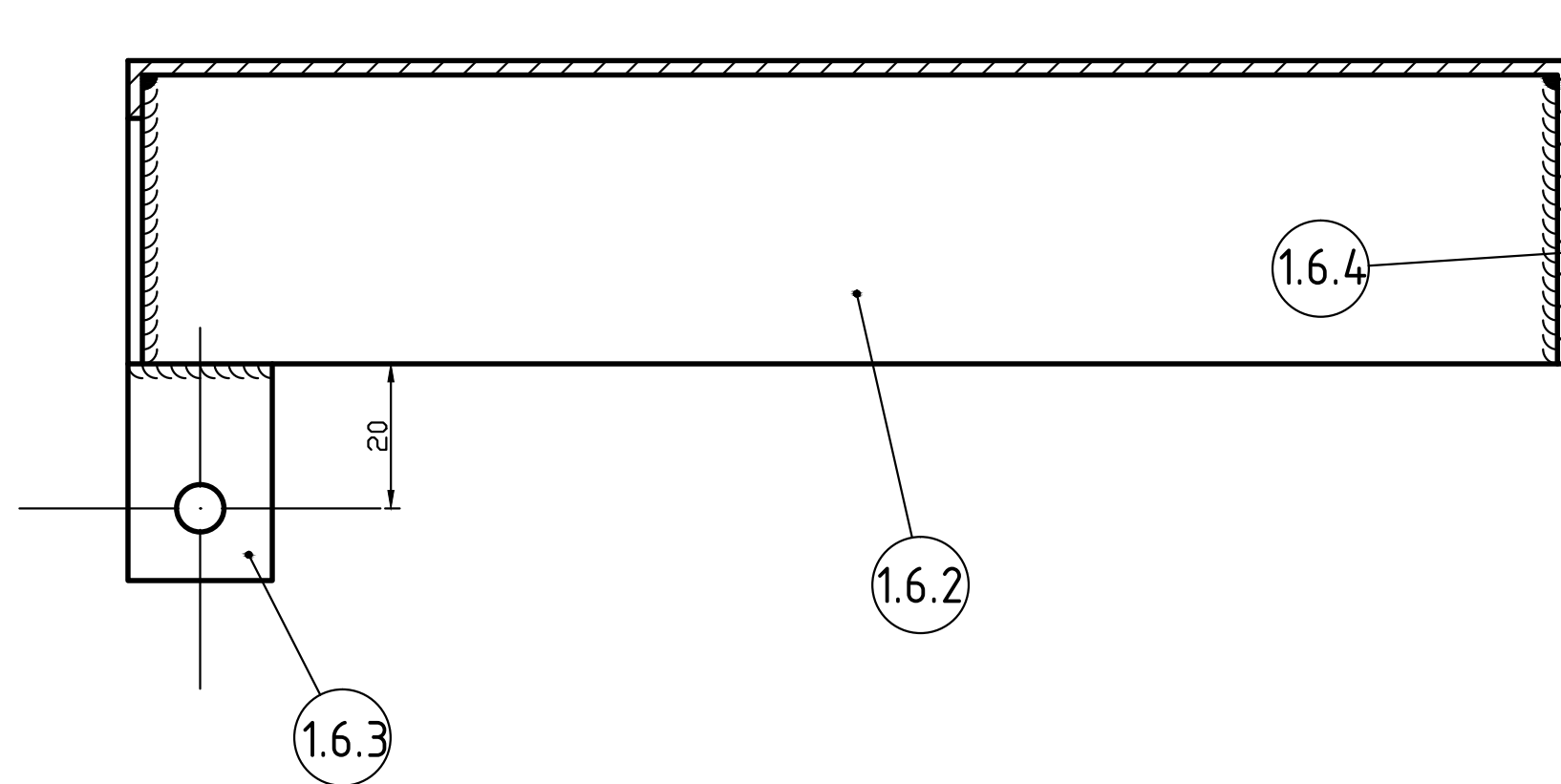


1.5.2.-

N9/ (N7/)



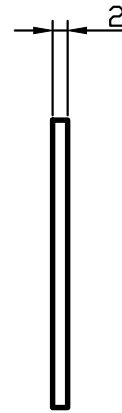
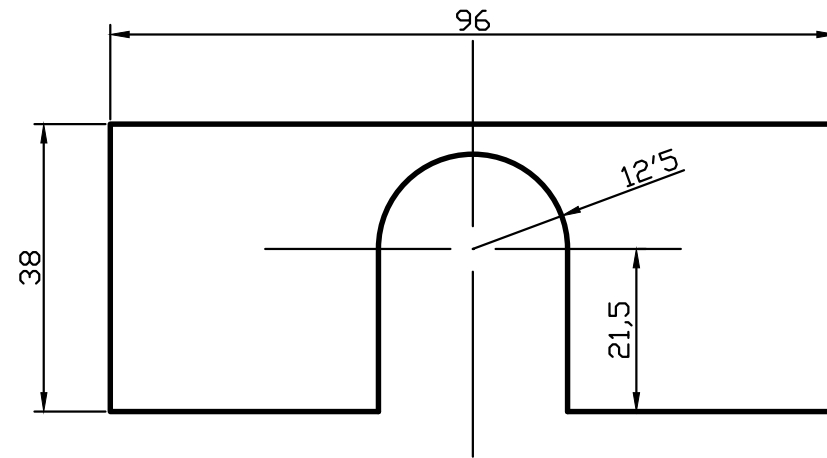
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:2	PIEZAS OREJETAS TUERCA HUSILLO			Nº Plano: 4
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m



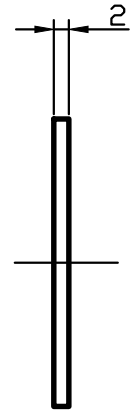
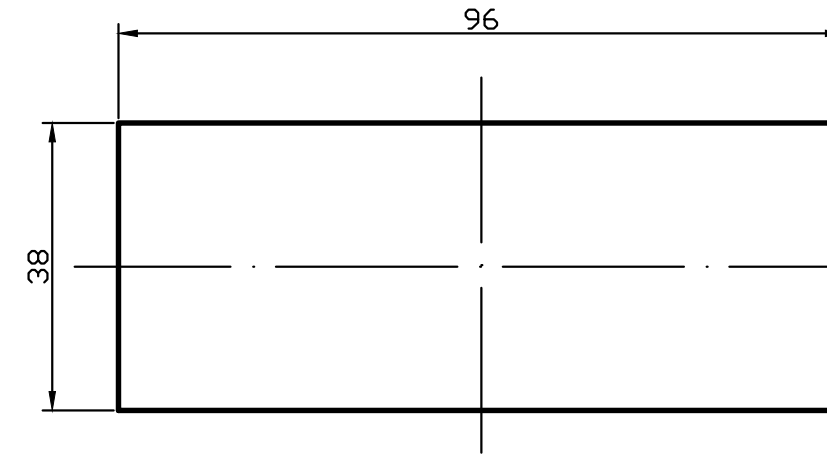
Soldaduras:

1.6.4	1	Cara posterior		Aluminio
1.6.3	1	Orejeta de enganche		Aluminio
1.6.2	1	Cuerpo de la carcasa		Aluminio
1.6.1	1	Cara delantera		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:1	CARCASA MOTOR			Nº Plano: 5
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

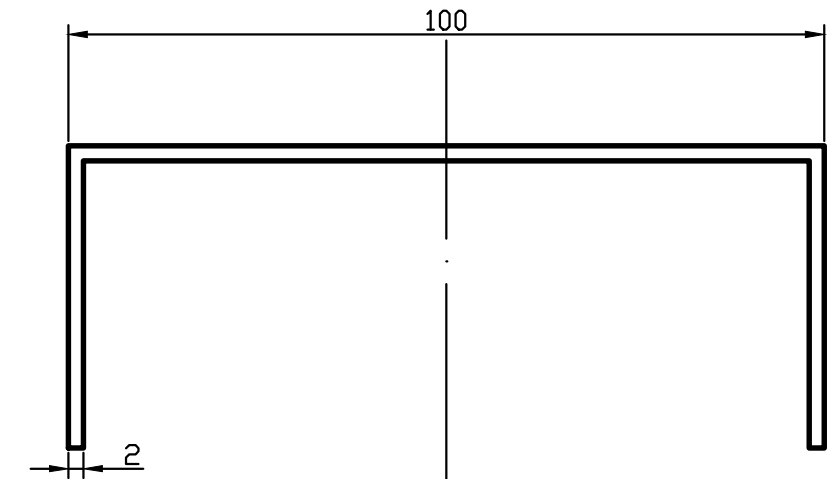
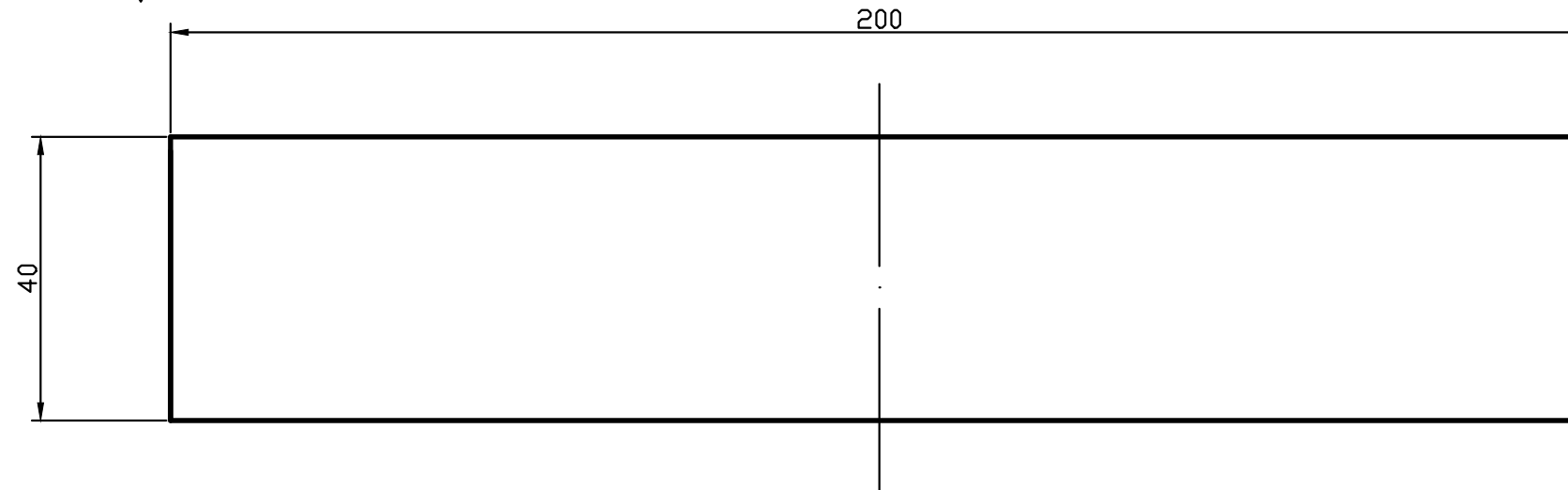
1.6.1.- $\nabla \text{N9/}$



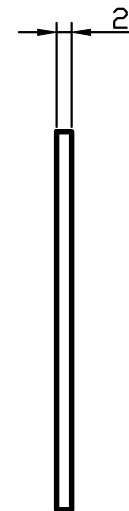
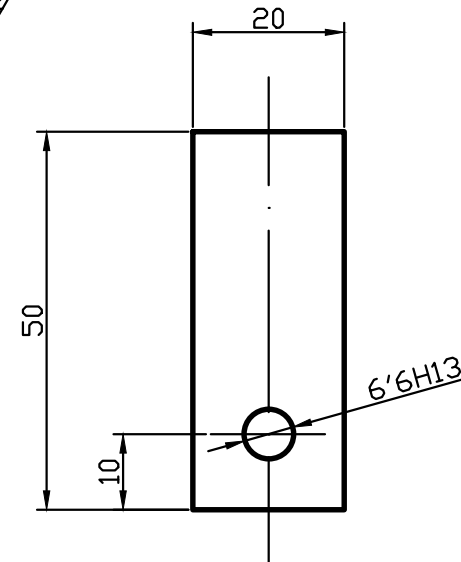
1.6.4.- $\nabla \text{N9/}$



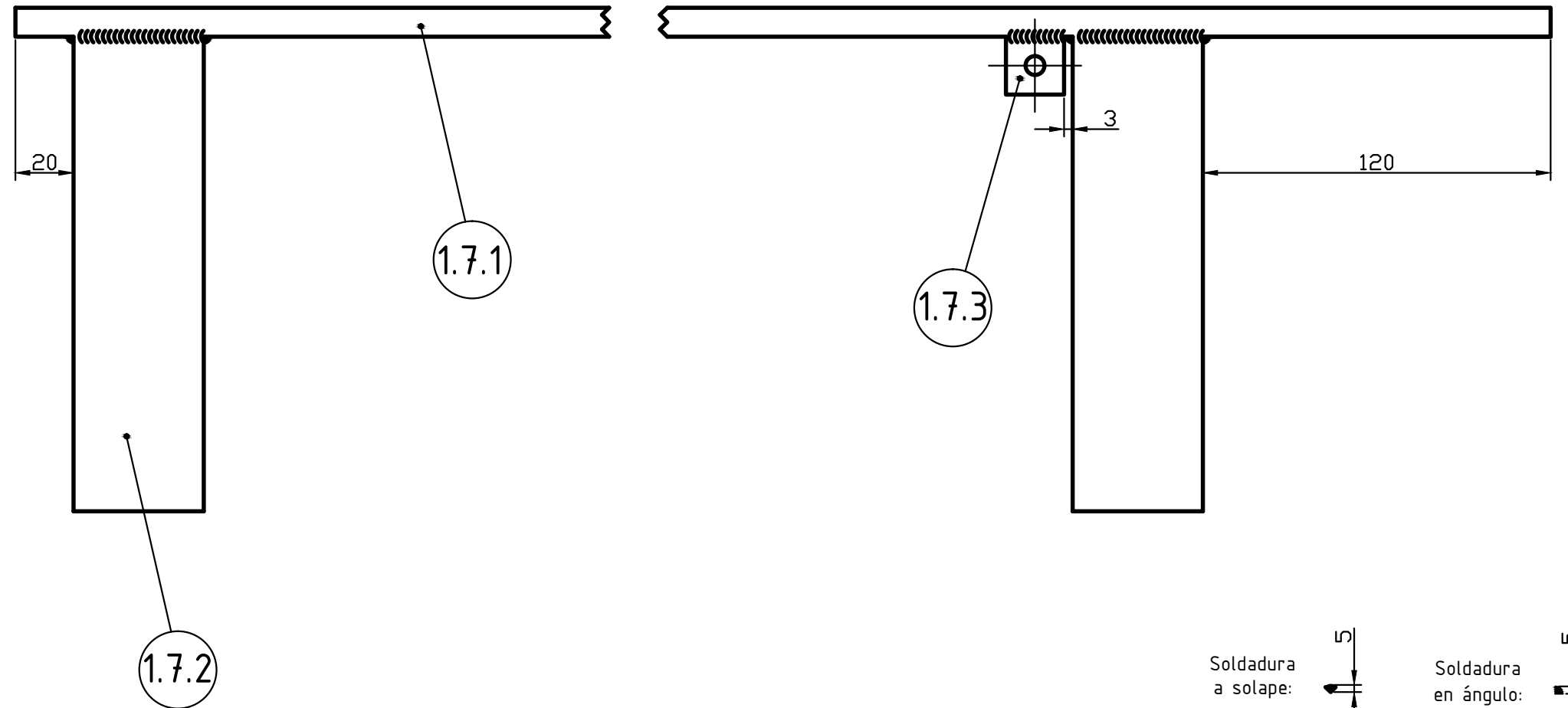
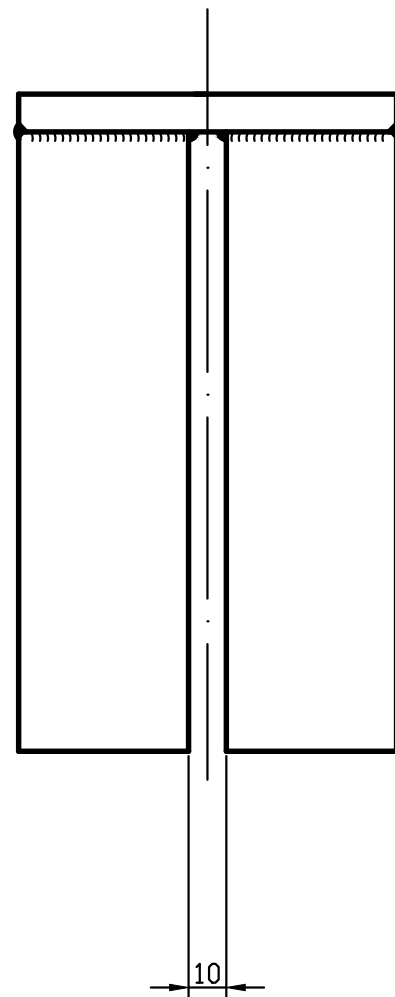
1.6.2.- $\nabla \text{N9/}$



1.6.3.- $\nabla \text{N9/}$

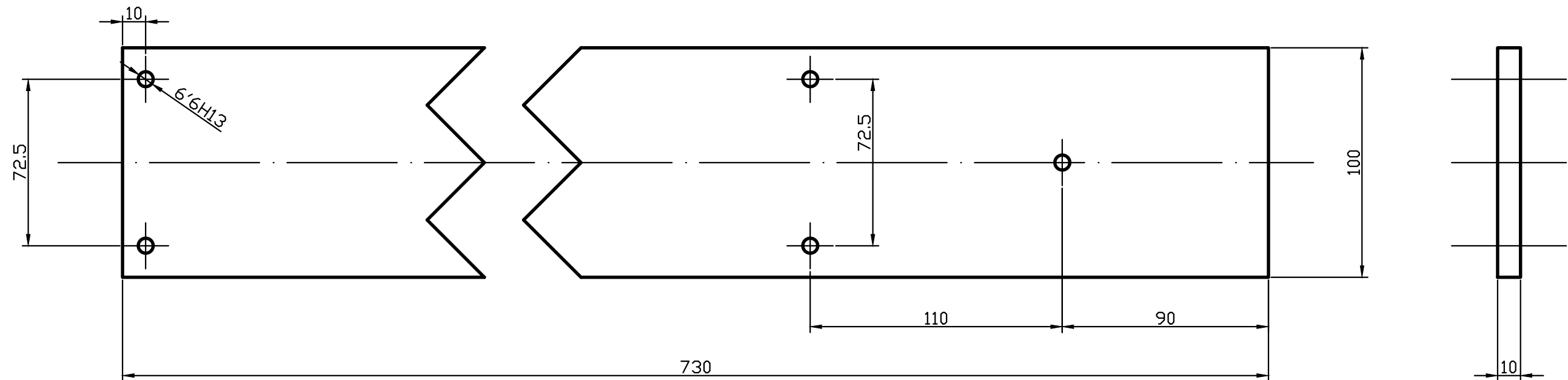


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				Nº Plano: 6
Escala 1:1	PIEZAS CARCASA MOTOR			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

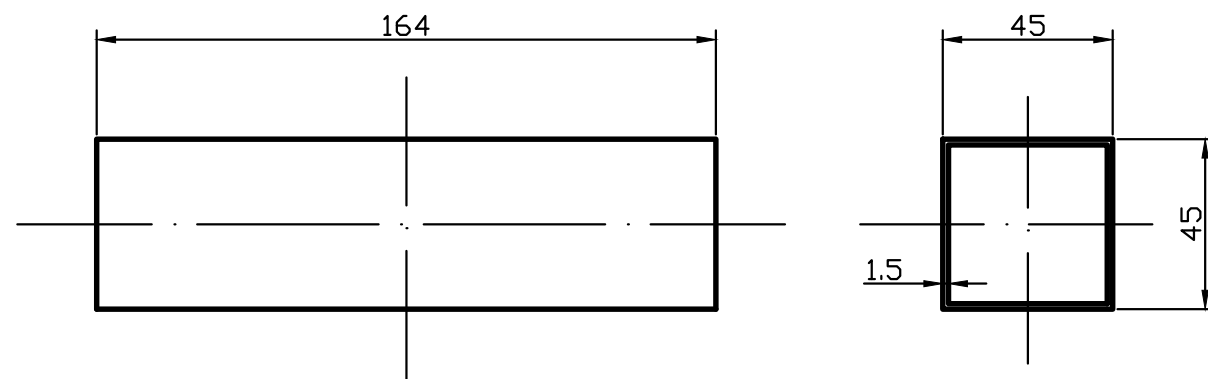


1.7.3	2	Orejeta		Aluminio
1.7.2	4	Pata		Aluminio
1.7.1	1	Plancha		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA Nº Plano: 7 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:2	SOPORTE GRUPO MOTOR			

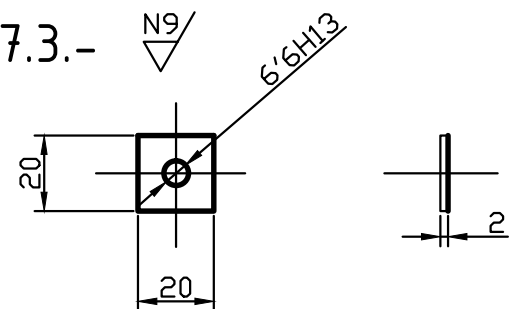
1.7.1.- $\nabla \text{N9/}$



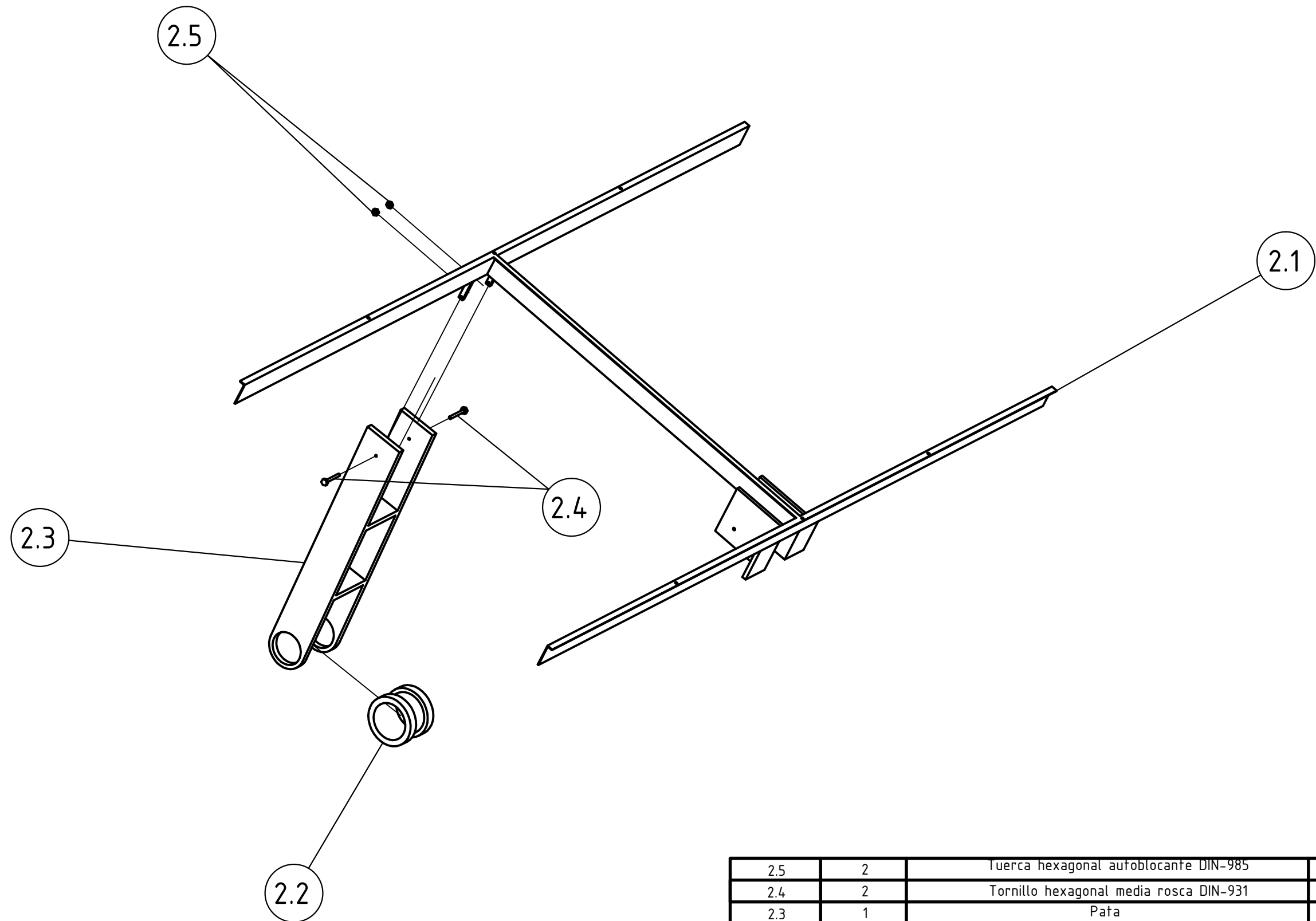
1.7.2.- $\nabla \text{N9/}$



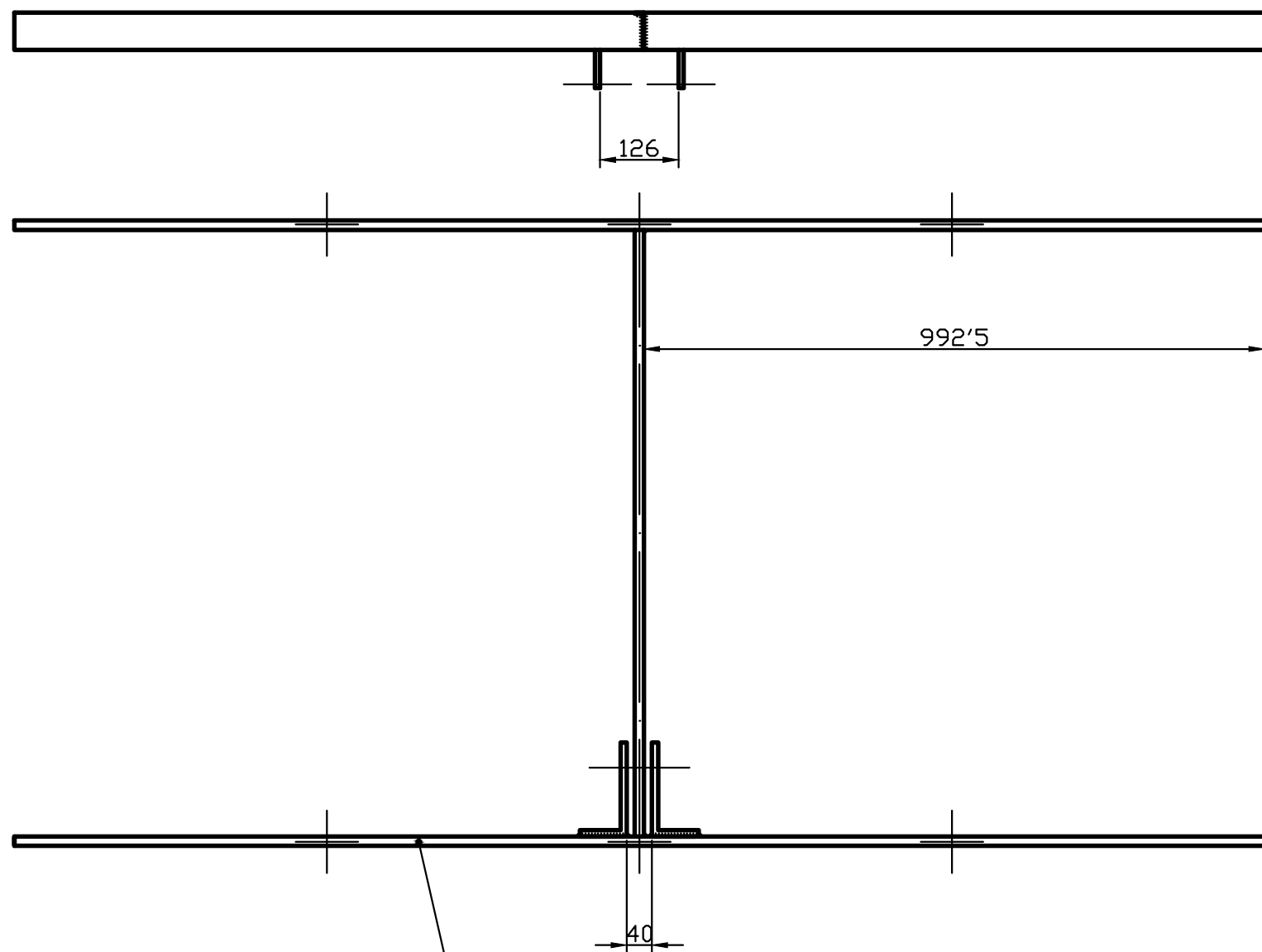
1.7.3.- $\nabla \text{N9/}$



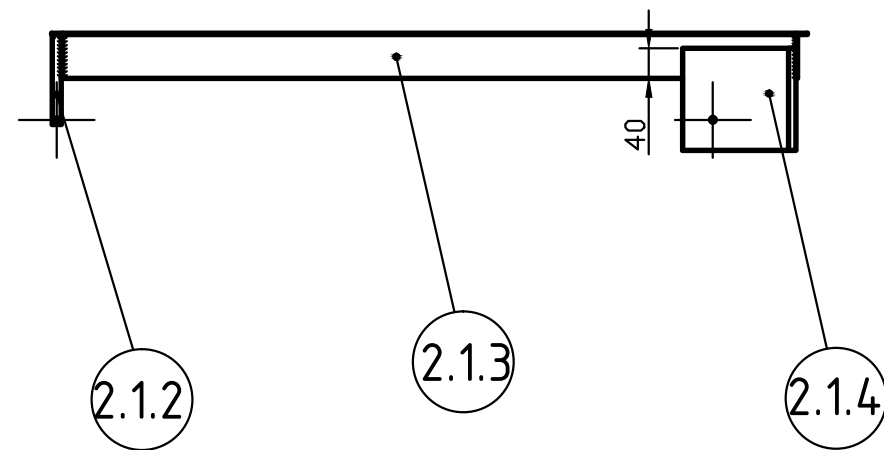
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA Nº Plano: 8 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:2	PIEZAS SOPORTE GRUPO MOTOR			



2.5	2	Tuerca hexagonal autoblocante DIN-985		M4
2.4	2	Tornillo hexagonal media rosca DIN-931		M4;L=35mm
2.3	1	Pata		Aluminio
2.2	1	Rueda		Aluminio
2.1	1	Portaplacas		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación y observaciones		Material y medidas
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:10	CONJUNTO ARTICULACIÓN			Nº Plano: 9
				Proyecto fin de carrera



2.1.1



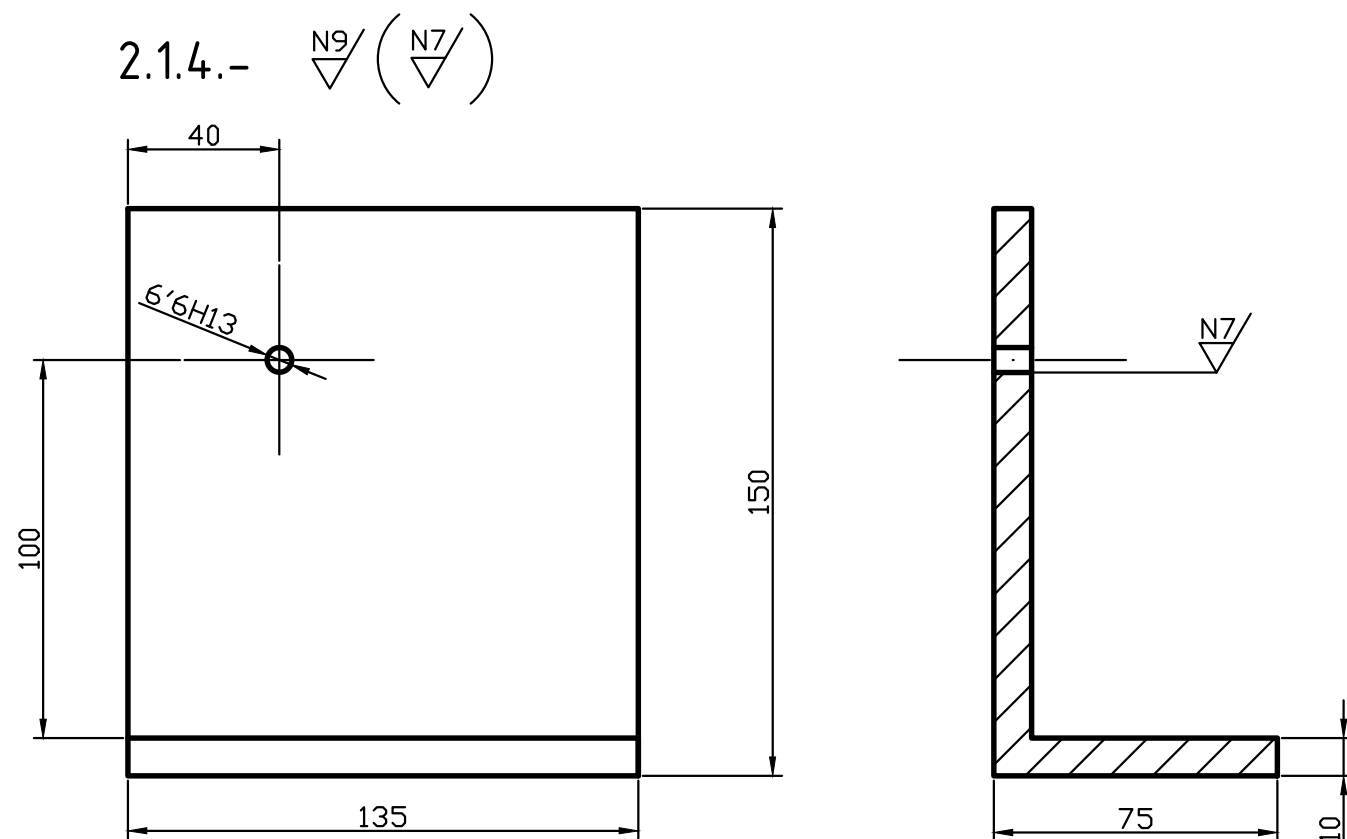
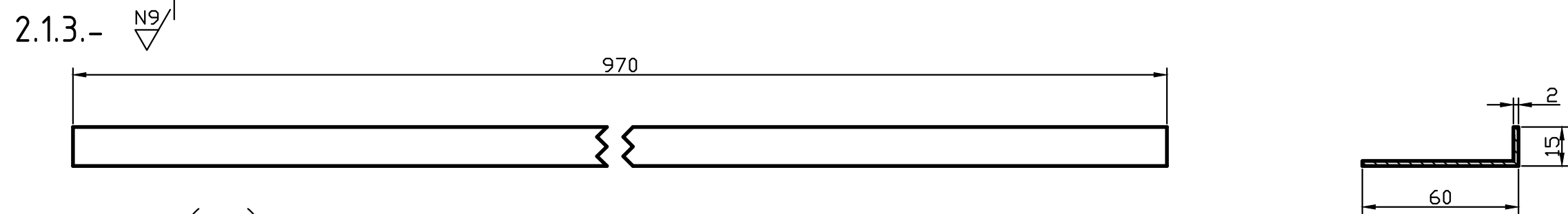
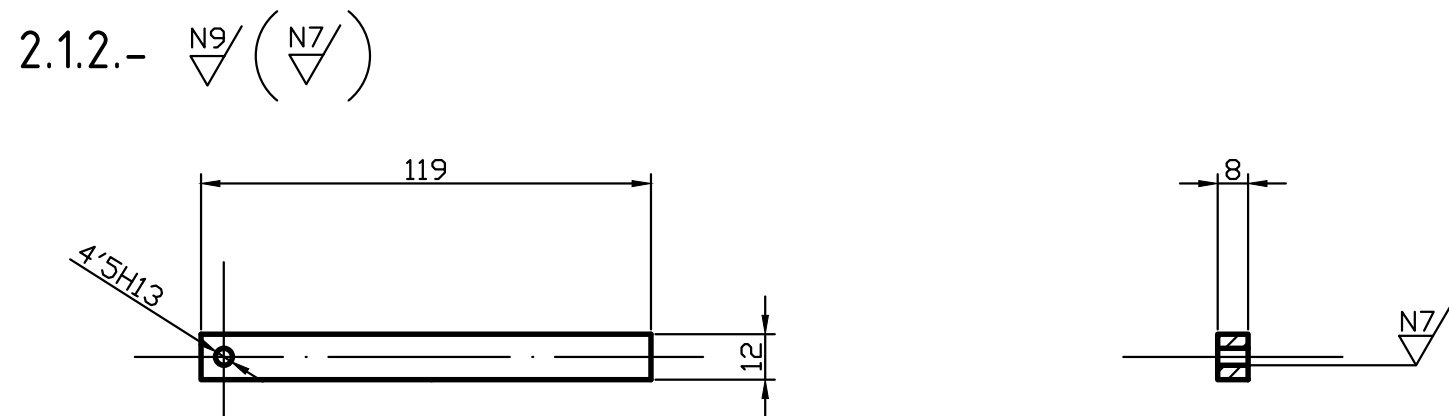
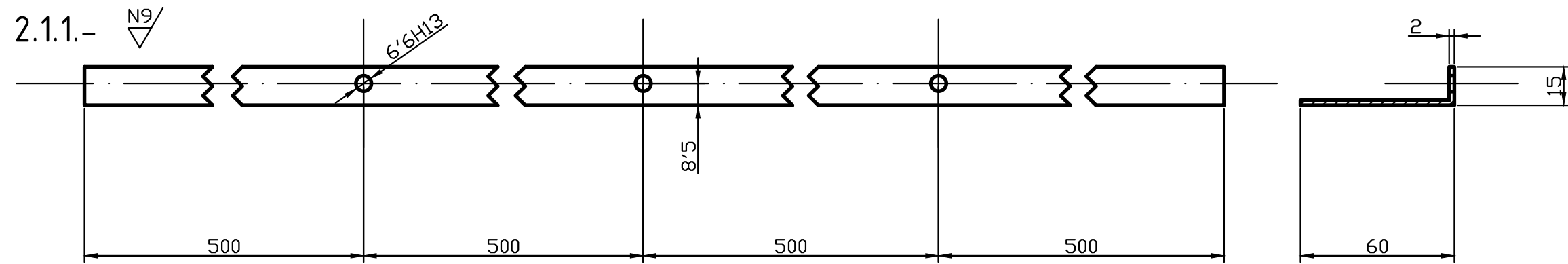
2.1.2

2.1.3

2.1.4

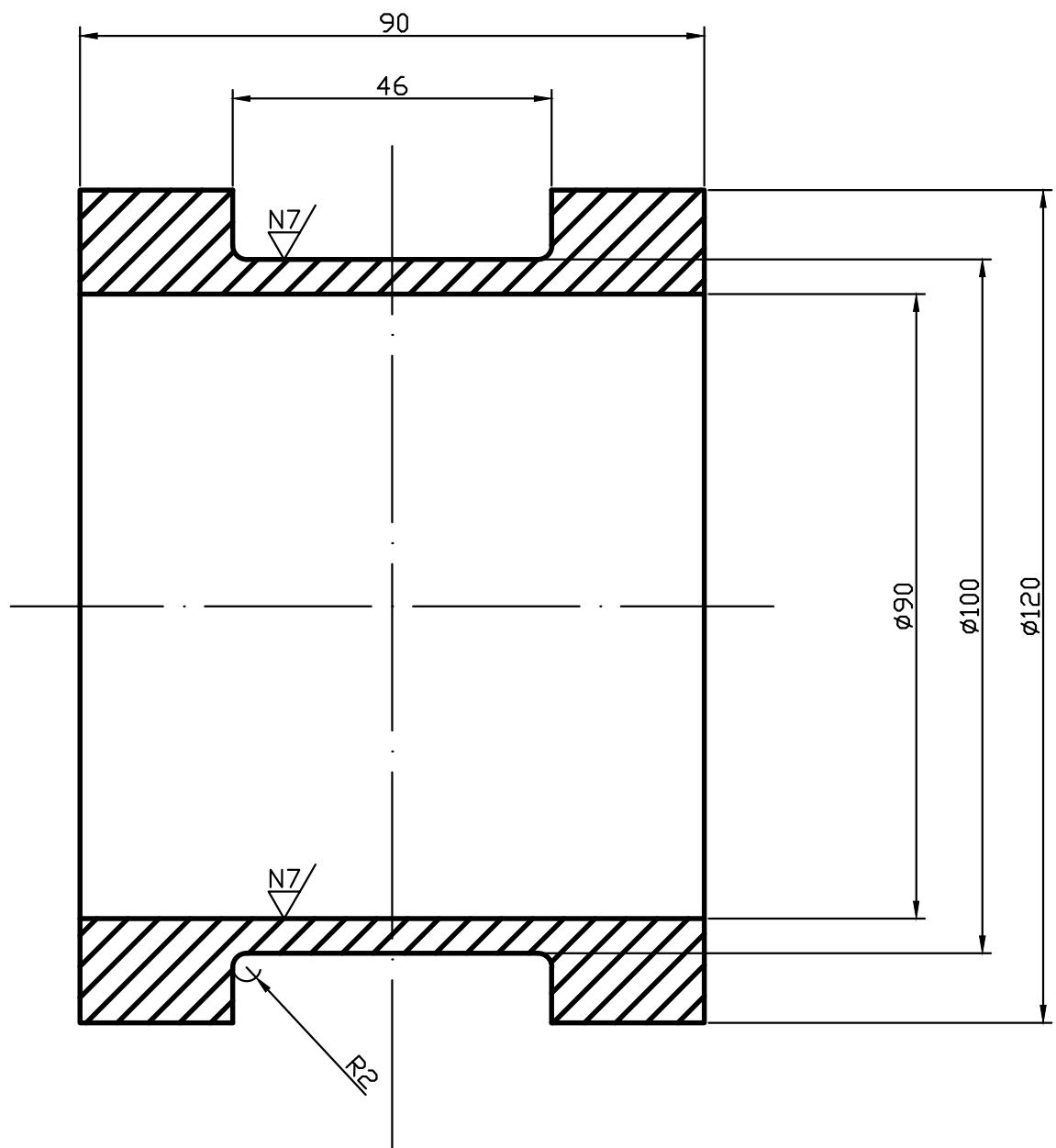
Soldaduras:

2.1.4	2	Orejeta inferior	Aluminio
2.1.3	1	Larguero corto	Aluminio
2.1.2	2	Orejeta superior	Aluminio
2.1.1	2	Larguero largo	Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación	Material
	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN	
Comprobado			
Escala	PORTAPLACAS		ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
1:10			Nº Plano: 10
			Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

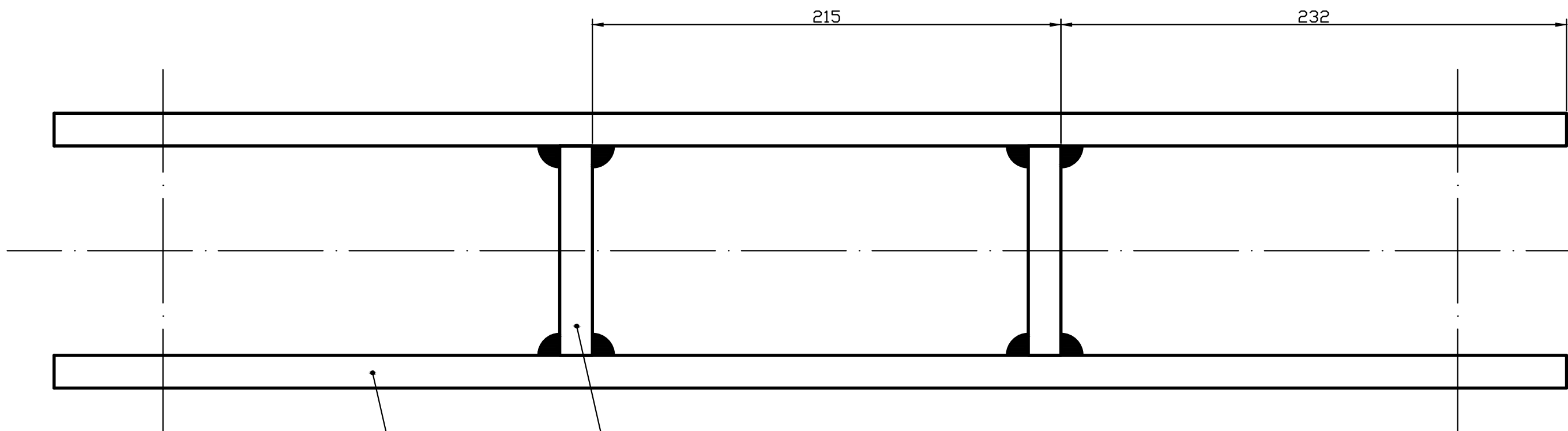
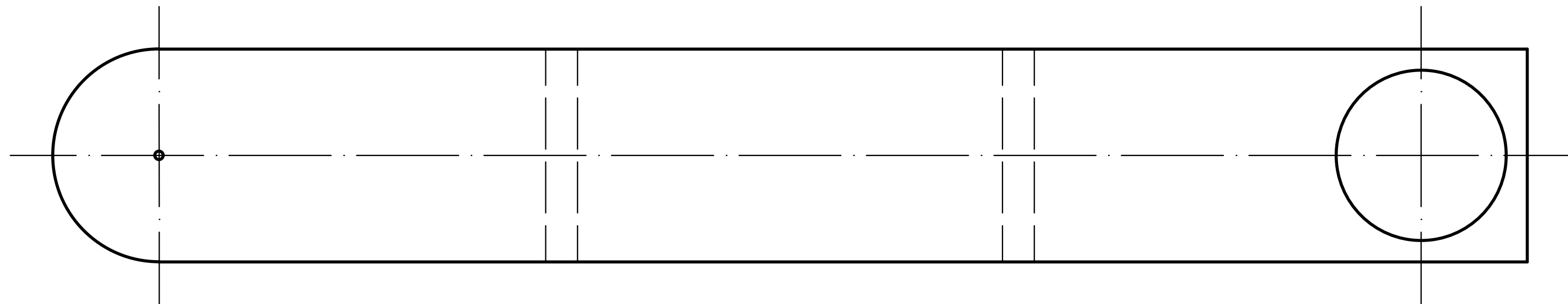


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA Nº Plano: 11 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:2	PIEZAS PORTAPLACAS			

2.2.- $\nabla \text{N9/} \left(\nabla \text{N7/} \right)$



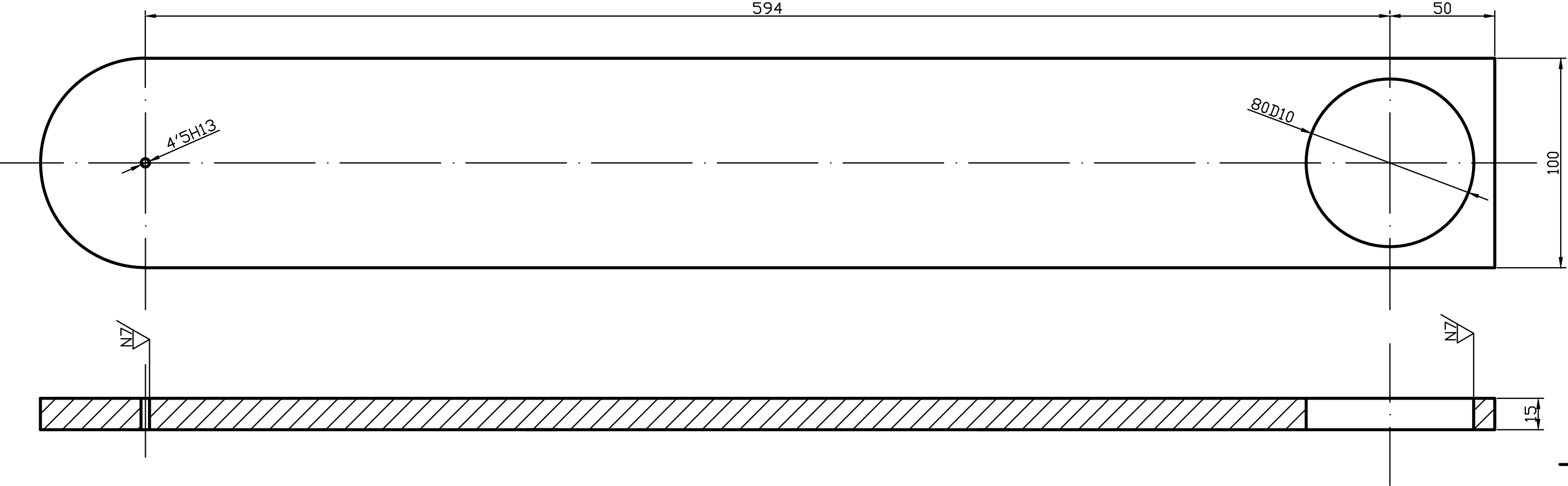
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA N° Plano: 12 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:1	RUEDA			



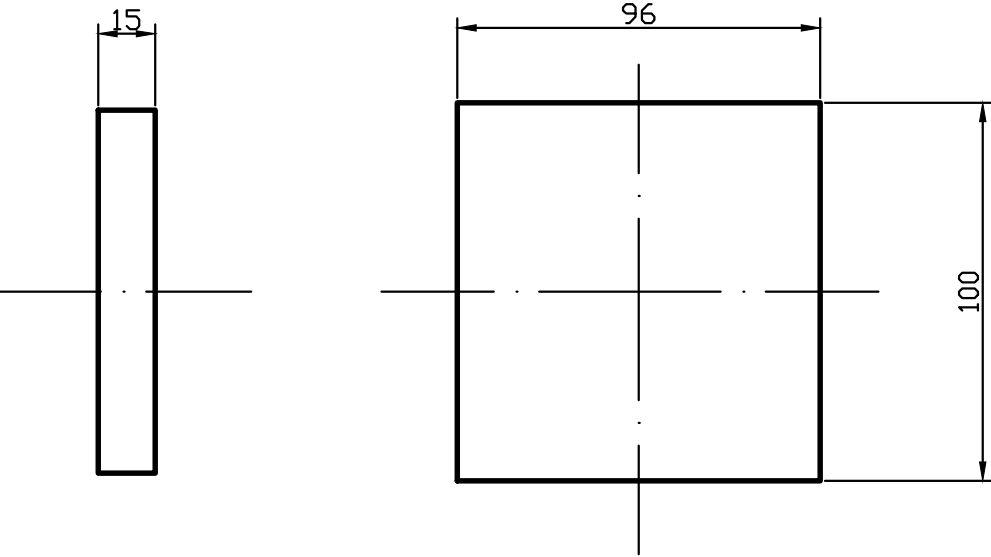
Soldaduras:

2.3.2	2	Uniones		Aluminio
2.3.1	2	Laterales		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:2	PATA			Nº Plano: 13
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

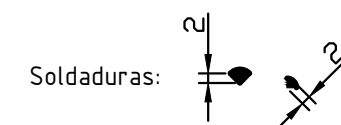
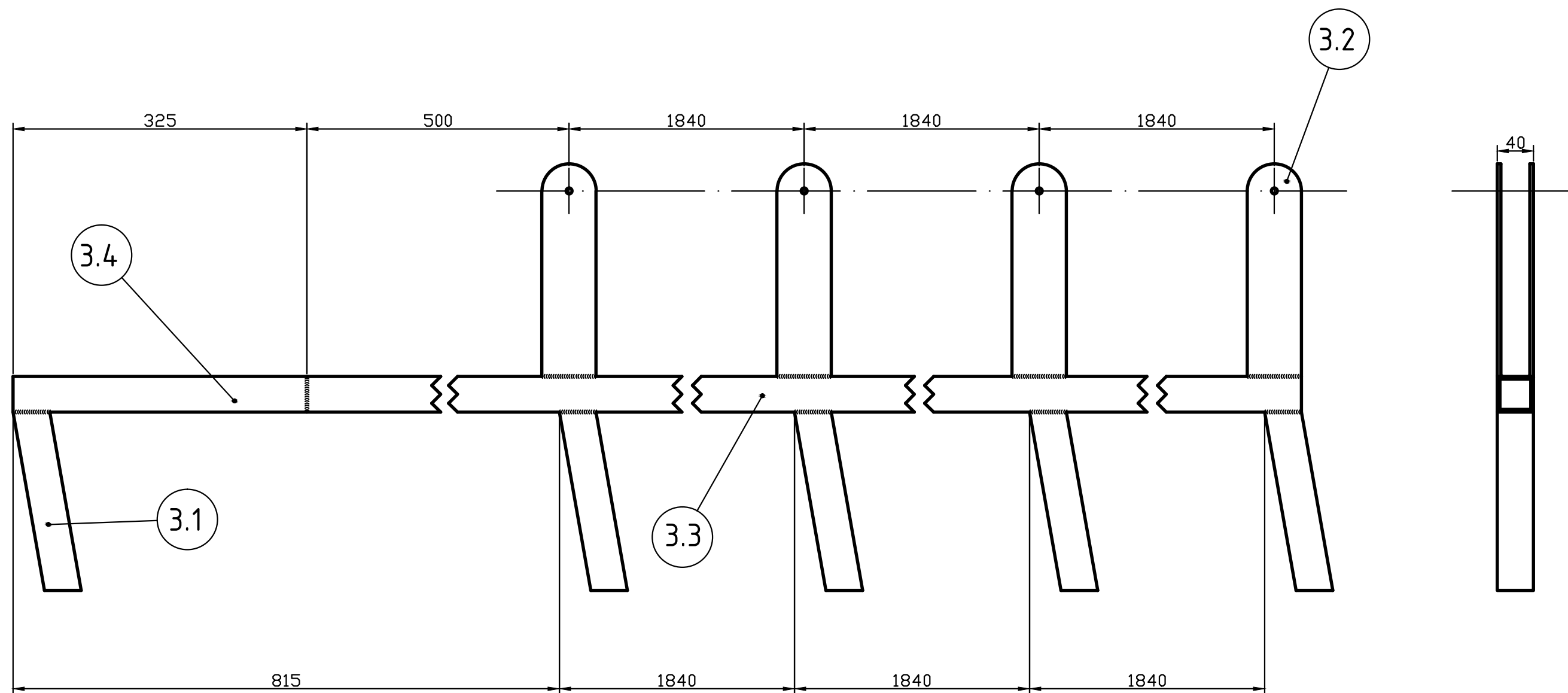
2.3.1.- $\nabla \frac{N9}{\left(\frac{N7}{\nabla} \right)}$



2.3.2.- $\nabla \frac{N9}{\nabla}$

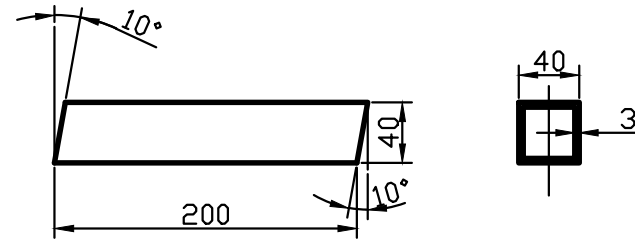


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA Nº Plano: 14 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:2	PIEZAS PATA			

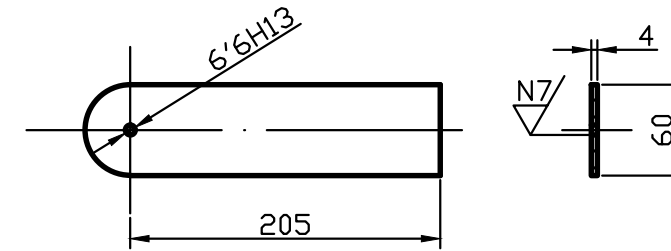


3.4	1	Guía corta		Aluminio
3.3	1	Guía larga		Aluminio
3.2	8	Orejeta		Aluminio
3.1	5	Pata		Aluminio
Marca	Nº piezas	Designación		Material
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD D ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:5	GUÍA			Nº Plano: 15
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

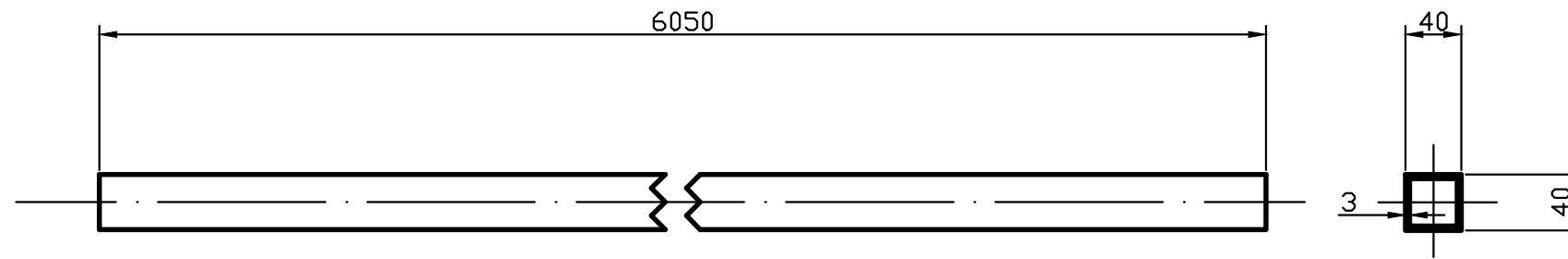
3.1.- $\nabla \text{N9/}$



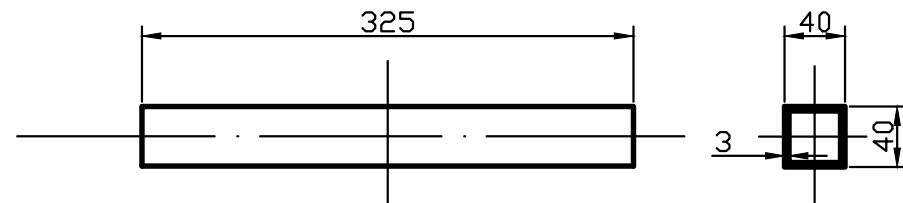
3.2.- $\nabla \text{N9/} \left(\nabla \text{N7/} \right)$



3.3.- $\nabla \text{N9/}$

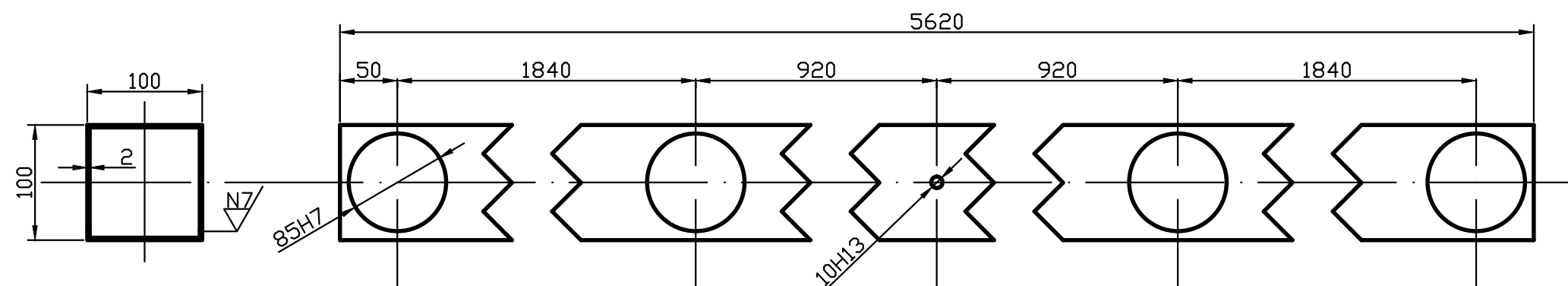


3.4.- $\nabla \text{N9/}$




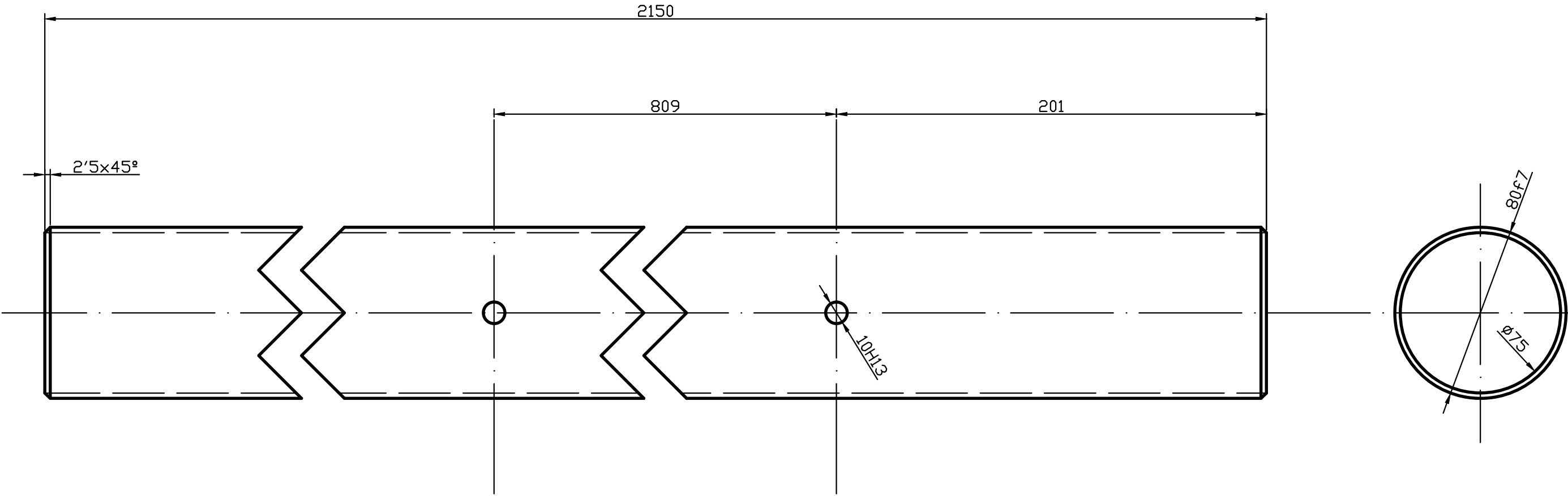
	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:5	PIEZAS GUÍA			Nº Plano: 16
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m

4.- $\nabla \frac{N9}{\left(\nabla \frac{N7}{\right)}$

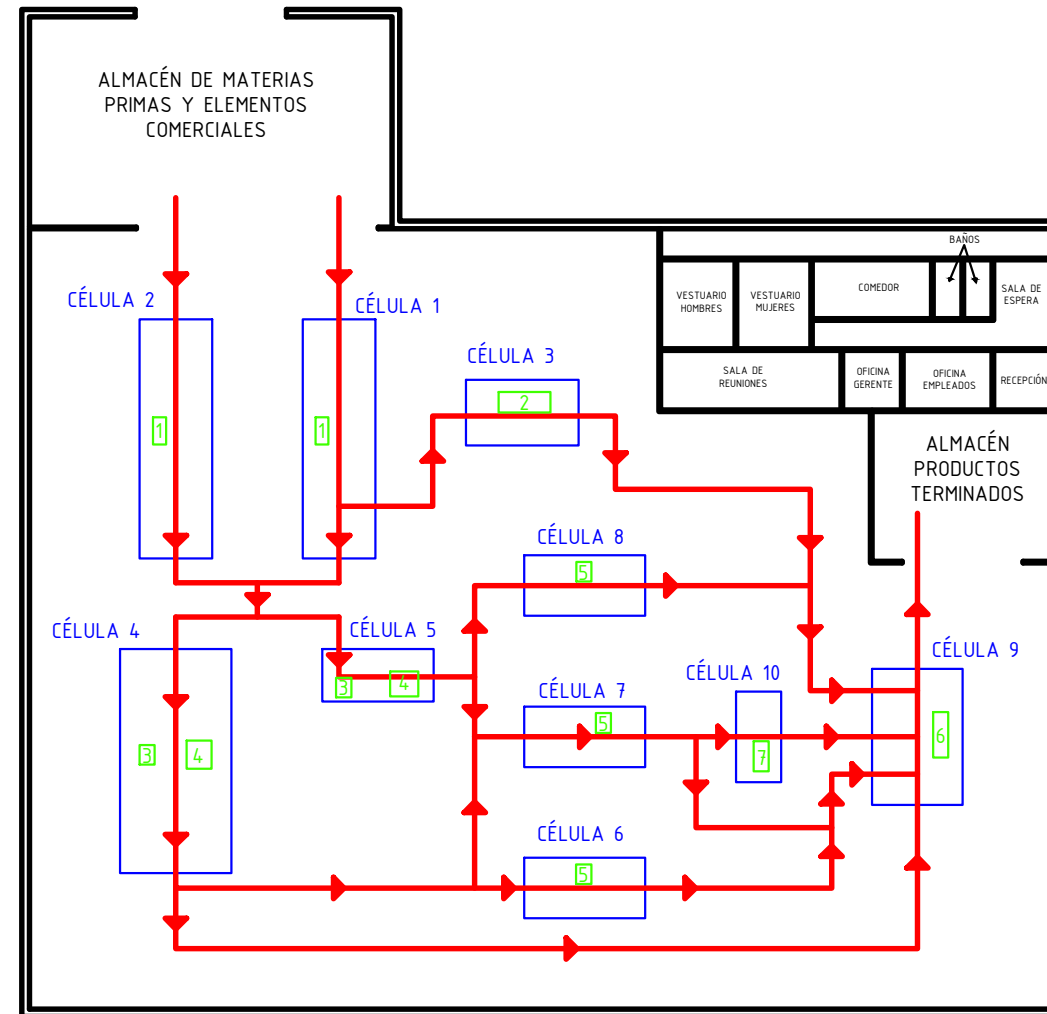


	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA N° Plano: 17 Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:5	EMPUJADOR			

5.- 



	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA CERDÁN		
Comprobado				
Escala 1:2	EJE DEL EMPUJADOR			Nº Plano: 18
				Tolerancias no indicadas UNE-EN 22768-m



LEYENDA MAQUINARIA

- 1.- SIERRA
- 2.- TORNQ
- 3.- TALADRO
- 4.- FRESADORA
- 5.- SOLDADORA
- 6.- MESA DE EMBALAJE
- 7.- MESA DE MONTAJE

	Fecha	Nombre	Firma	ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA
Dibujado	22-08-2012	CARLOS LALAGUNA Cerdán		
Comprobado				
Escala 1:500	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y FLUJO DE MATERIALES			Nº Plano: 19